บทที่ 8

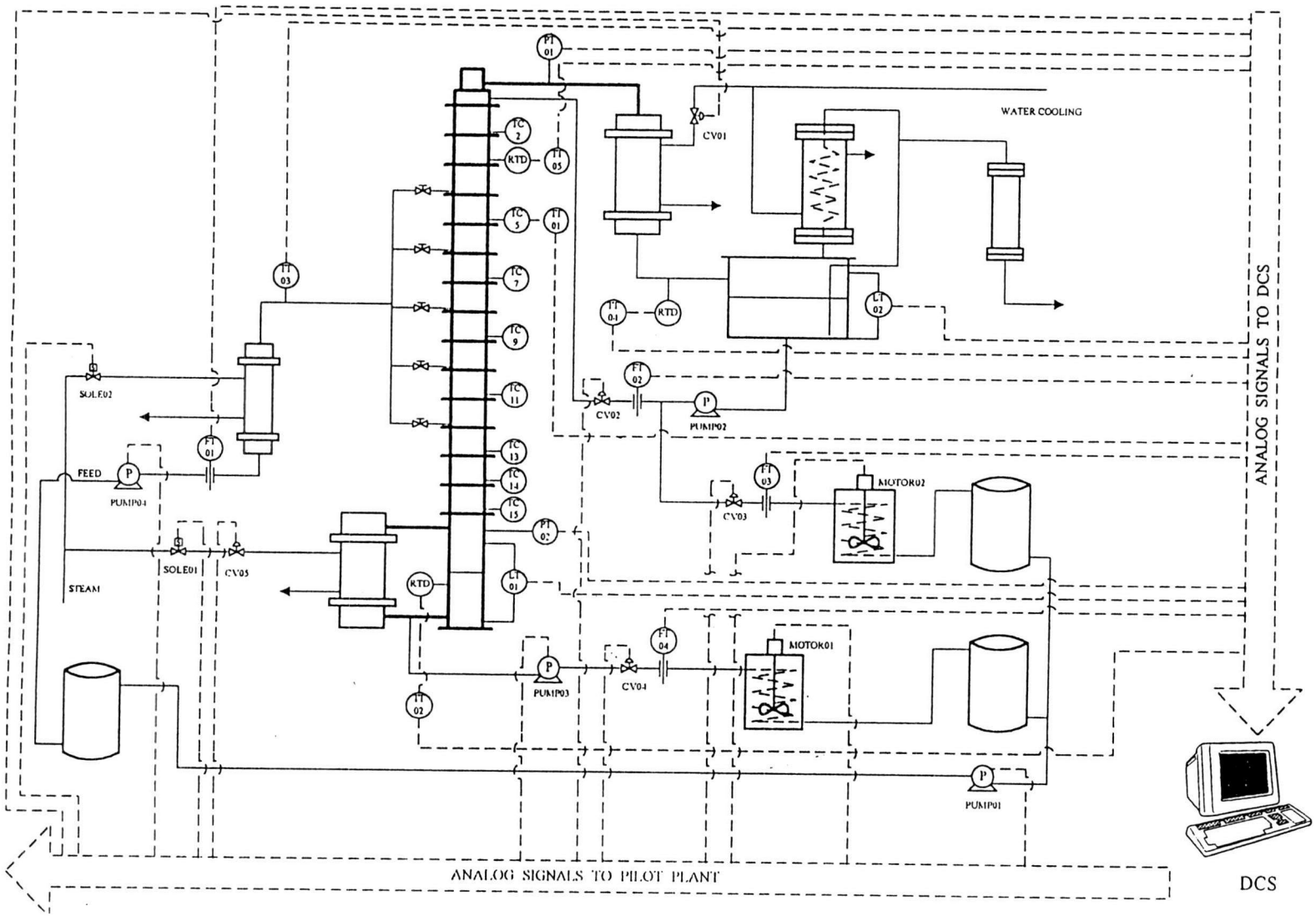
สรุปและวิเคราะห์ผล

8.1 บทนำ

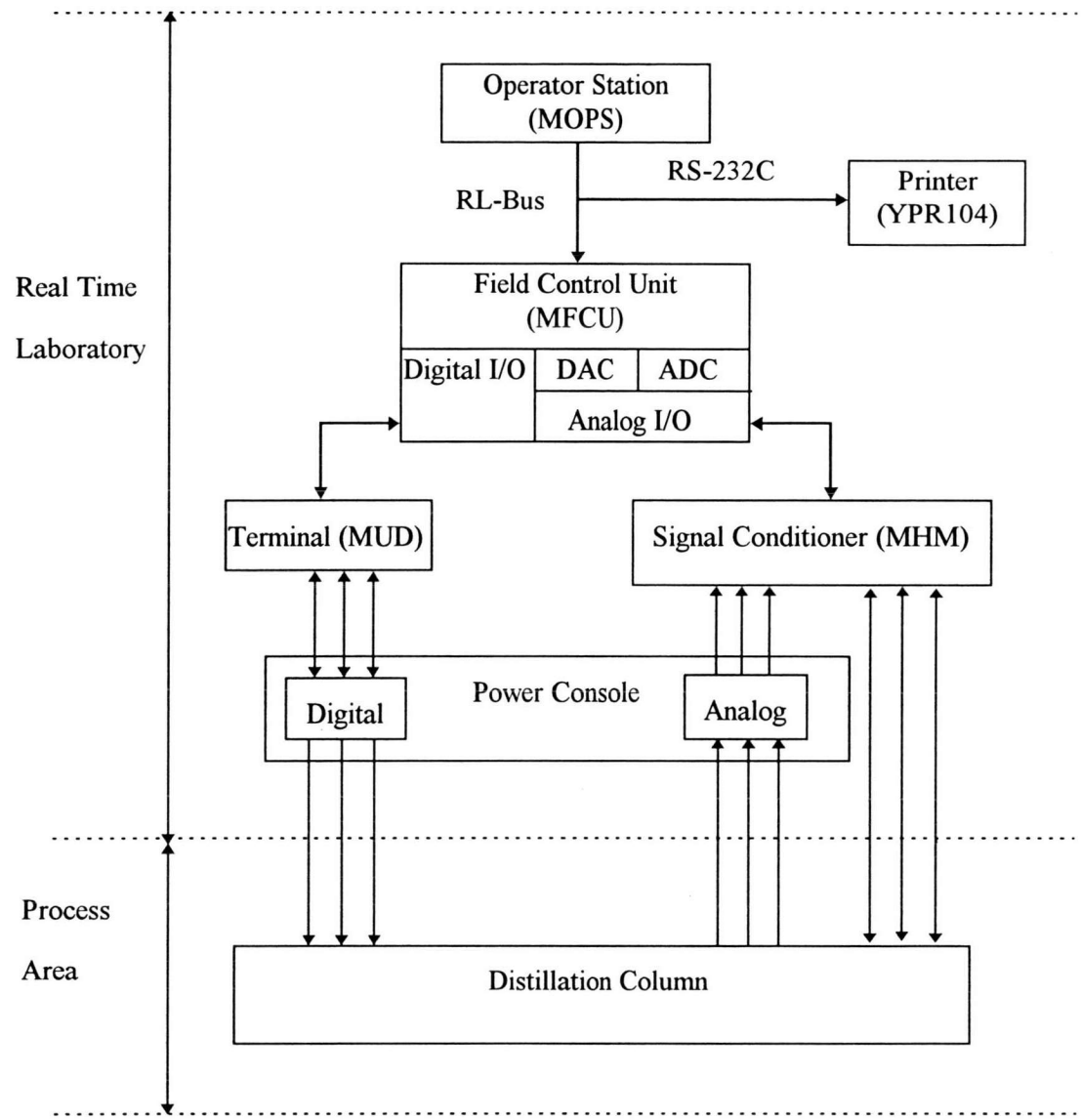
ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปและวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการสร้างและติดตั้งโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นพร้อมอุปกรณ์การวัดและการควบคุม รวมทั้งสรุปและวิเคราะห์ผลการทำวิศวกรรมระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเพื่อใช้เป็นระบบปฏิบัติการในการติดตามและการควบคุมโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นด้วยคอมพิวเตอร์ และการหาโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของหอกลั่นที่มีรูปแบบโครงสร้างการควบคุมแบบ (L V) พร้อมการทดสอบโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี นอกจากนี้ยังแสดงข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นต่อไป

8.2 โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่น

ผลการปฏิบัติการสร้างและติดตั้งโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นพร้อมอุปกรณ์การวัดและการควบคุมสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 8.1 ไดอะแกรมโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นพร้อมอุปกรณ์การวัดและการควบคุม



รูปที่ 8.2 รูปแบบโครงสร้างการควบคุมสำหรับหอกลั่นของ PCEL

1. หอกลั่นทำด้วยเหล็กไร้สนิมที่ประกอบด้วยชุดเทรย์ 15 ชุด ประกอบเข้าด้วยกันโดยการใช้หน้าแปลนยึดติดด้วยน็อต ซึ่งทำให้สามารถถอดออกเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนย้ายได้ พร้อมการติดตั้งอุปกรณ์วัดและตัวส่งสัญญาณเพื่อความคล่องตัวในการปรับรูปแบบ

โครงสร้างการควบคุม หอกลั่นถูกอินเตอร์เฟซกับระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ดังแสดงในรูปที่ 8.1 และตารางที่ 8.1 แสดงอุปกรณ์วัดและตัวส่งสัญญาณสำหรับโรงงานนำร่องหอกลั่น

ตารางที่ 8.1 แสดงอุปกรณ์วัดและตัวส่งสัญญาณสำหรับโรงงานนำร่องหอกลั่น

ตัวแปรกระบวนการ	อุปกรณ์วัด	ตัวส่งสัญญาณ
อัตราการไหลของสารป้อน	ออริฟิซ	FT01
อัตราการไหลของรีฟลักซ์	ออริฟิซ	FT02
อัตราการไหลของดิสทิลเลต	ออริฟิซ	FT03
อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอ	ออริฟิซ	FT04
อุณหภูมิยอดหอที่เทรย์ 5	เทอร์โมคัปเปิล	TT01
อุณหภูมิก้นหอ	อาร์ทีดี	TT02
อุณหภูมิสารป้อน	อาร์ทีดี	TT03
อุณหภูมิสารควบแน่นที่ยอดหอ	อาร์ทีดี	TT04
อุณหภูมิยอดหอที่เทรย์ 3	อาร์ทีดี	TT05
ความดันยอดหอ	ตัววัดความดัน	PT01
ความดันก้นหอ	ตัววัดความดัน	PT02
ระดับของเหลวก้นหอ	ตัววัดความดันต่าง	LT01
ระดับของเหลวในถังเก็บรีฟลักซ์	ตัววัดความดันต่าง	LT02

2. หอกลั่นถูกอินเตอร์เฟซกับระบบดีซีเอสซึ่งเป็นระบบการควบคุมระดับสูง โดยมีการการแสดงผลและการอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ที่สถานีของพนักงาน (MOPS) การรายงานผลด้วยเครื่องพิมพ์ YPR104 การอินเตอร์เฟซกับหน่วยควบคุม (MFCU) และการรับส่งสัญญาณที่เป็นทั้งดิจิตอลอินพุท/เอาท์พุท และอะนาล็อกอินพุท/เอาท์พุท ดังแสดงในรูปที่ 8.2

3. โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นนี้สามารถปฏิบัติการได้ทั้งแบบแมนนวลและอัตโนมัติ โดยการเปลี่ยนแบบการควบคุมที่คอนโซลกำลัง (Power Consle) เมื่อระบบควบคุมเสียหรือวาล์วควบคุมไม่ทำงานสามารถเปลี่ยนมาทำงานในแบบแมนนวลได้แต่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่กระบวนการยังดำเนินอยู่ต้องหยุดกระบวนการเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบการทำงาน เนื่องจากวาล์วควบคุมไม่ได้ติดตั้งสายบายพาส (Bypass Line)

4. การทำงานของระบบควบแน่นไอของผลิตภัณฑ์ยอดหอสามารถควบแน่นไอได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการติดตั้งเครื่องควบแน่นหลักและเครื่องควบแน่นแบบน็อคเอาท์ที่ใช้ควบแน่นไอที่เหลือจากเครื่องควบแน่นหลักหรือไอที่เกิดขึ้นในถังเก็บรีฟลักซ์ พร้อมติดตั้งตัวดักความชื้น ก่อนที่จะระบายไอที่ไม่สามารถควบแน่นออกสู่บรรยากาศ

5. การทำงานของระบบให้พลังงานความร้อนแก่สารในการกลั่นด้วยไอน้ำนั้นมีการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากอุปกรณ์การแลกเปลี่ยนความร้อนและตัวหอกลั่นไม่ได้หุ้มฉนวน ซึ่งทำให้ไอน้ำถูกควบแน่นมาก เป็นผลสตีมแทร็ปเปิดเกือบตลอดเวลาไอน้ำและน้ำจึงถูกปล่อยทิ้งพร้อมกัน เป็นผลให้การกระบวนการกลั่นสิ้นเปลืองไอน้ำมาก

6. การติดตั้งโซลินอยด์วาล์วซึ่งสามารถสั่งการเปิดหรือปิดได้ทันทีจากระบบควบคุมและตัวปรับไอน้ำที่สามารถปรับได้ที่โรงงาน ทำให้ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานสูงขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินการสั่งปิดไอน้ำได้ทันทีโดยไม่ต้องรอสัญญาณปรับเปลี่ยนจากตัวควบคุม

7. ตัวส่งสัญญาณความดันต่างที่ใช้สำหรับการวัดและส่งสัญญาณการไหล รวมทั้งใช้วัดและส่งสัญญาณระดับเป็นตัวส่งสัญญาณแบบสมาร์ท (Smart Transmitter) ทำให้สะดวกในการ

ใช้งานและการเทียบมาตรฐาน (Calibration) และสามารถเลือกใช้งานช่วงการปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับกระบวนการได้

8. การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลจะมีความคลาดเคลื่อนจากการวัดค่าอุณหภูมิเกิดขึ้น เนื่องจากการลดลงของความต่างศักย์ที่เกิดจากความต้านทานของสายสัญญาณที่ต่อจากจุดวัดมายังหน่วยควบคุม ในโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นนี้อุณหภูมิที่อ่านได้จะมีความคลาดเคลื่อน -2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดีด้วยการต่อวงจรแบบ 3 สาย จะให้ความถูกต้องของการวัดค่ามากกว่าเนื่องจากไม่เกิดปัญหาจากความต้านทานของสายต่อ

9. โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นนี้ปฏิบัติการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ และความดันในการปฏิบัติการกลั่นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งตัววัดและส่งสัญญาณความดันที่ใช้ในโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นมีหน่วยทางวิศวกรรม เท่ากับ กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร ทำให้การวัดความดันมีพลวัตน้อยจนไม่สามารถนำค่าความดันที่อ่านได้มาใช้เป็นค่าตัวแปรในการควบคุมได้ การควบคุมความดันในหอกลั่นหรือการทำสมดุลพลังงานของหอกลั่นจึงต้องใช้การควบคุมอุณหภูมิของสารควบแน่นแทน ซึ่งถือว่าเป็นการควบคุมความดันทางอ้อม

10. ถังเก็บรีฟลักซ์ที่มีปริมาตร 200 ลิตรและเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.6 เมตร มีขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการล้นของเหลว แต่จะทำให้พลวัตของการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก อาจไม่เหมาะสมที่จะใช้ตัวควบคุม หรือการควบคุมเพียงป้องกันของเหลวในถังเก็บรีฟลักซ์แห้ง

11. การทดสอบโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นนี้จะนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นทั้งสองผลิตภัณฑ์กลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองครั้งต่อไป ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพและส่วน

ประกอบของสารป้อนในแต่ละแบทช์ของสารป้อนไม่คงที่ รวมทั้งเกิดการสูญเสียของเอทธานอลจากการกลายเป็นไอ อันเป็นผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการหาข้อมูลของหอกลั่นได้

12. ค่าประสิทธิภาพของเมอร์ฟีร์ที่หาได้จากโปรแกรม Aspen Plus มีค่าเท่ากับ 0.85 และค่าประสิทธิภาพรวม (Over All Efficientcy) ที่หาจากไดอะแกรมของแม็คเคบ-ธิล (McCabe-Thiele Diagram) (Perry, 1984) มีค่าเท่ากับ 0.87 โดยสามารถหาจำนวนเทรย์ที่สมดุลตามทฤษฎีได้ เท่ากับ 13 เทรย์ และจำนวนเทรย์ที่ใช้จริงเท่ากับ 15 เทรย์

8.3 การทำวิศวกรรมระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

การรับส่งข้อมูล การติดตามและควบคุมหอกลั่น รวมทั้งการอินเตอร์เฟซกับมนุษย์ของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนทำได้โดยงานวิศวกรรมระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การปฏิบัติการกลั่นด้วยระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเป็นระบบควบคุมที่มีความสะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติการติดตามและควบคุมกระบวนการ วิศวกรสามารถออกแบบระบบหรือทำวิศวกรรมการควบคุมให้เหมาะสมกับกระบวนการต่าง ๆ หรือโรงงานเฉพาะในแต่ละอุตสาหกรรมได้

2. การแก้ไขปรับปรุงหรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างการปฏิบัติงานและการแสดงผล รวมทั้งการเพิ่มหรือลดอุปกรณ์การวัดและการควบคุมสามารถทำได้โดยการแก้ไขทาง

โปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีความสะดวกกว่าการควบคุมแบบดั้งเดิมที่อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่าย และมีความยุ่งยากในการติดตั้งหรือการแก้ไขทางฮาร์ดแวร์มากกว่าระบบที่ใช้ดีซีเอส

3. ส่วนของการแสดงผลซึ่งแบ่งเป็นระดับการแสดง คือ ระดับโรงงาน ระดับกลุ่ม และระดับลูพ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติการติดตามและการควบคุมกระบวนการ รวมทั้งทำให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในกระบวนการได้ง่าย ลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน โดยเฉพาะระบบการสัมผัสเพียงครั้งเดียวที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงระดับการแสดงผลต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น

4. การแสดงกราฟฟิคของการปฏิบัติงานและการควบคุมโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นที่สามารถแสดงข้อมูลและค่าตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการทำให้ผู้ใช้ทราบค่าตัวแปรต่าง ๆ ของกระบวนการในขณะนั้นได้ทันทีจากหน้าจอการแสดงเพียงหน้าจอเดียว และหน้าจอกราฟฟิคนี้ยังแสดงการเตือนภัยสำหรับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการผลิตหรือต่อความปลอดภัยของโรงงานด้วยการเปลี่ยนสี หรือการกระพริบของสัญลักษณ์ รวมทั้งการส่งเสียงเตือน ซึ่งทำให้ผู้ใช้ทราบถึงสถานะการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและสามารถแก้ไขได้ทันต่อเหตุการณ์ ตารางที่ 8.2 แสดงภาวะการเตือนสำหรับการตรวจสอบกระบวนการ

5. การศึกษาการทำวิศวกรรมของระบบควบคุมแบบกระจายส่วนเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก เนื่องจากระบบการควบคุมแบบกระจายส่วนยังอยู่ในระบบปิด และเป็นระบบที่ค่อนข้างผูกมัดผู้ใช้พอสมควรเพราะผู้ขายจะผลิตแทบทุก ๆ ส่วนของระบบเองไม่ว่าจะเป็น ตัวควบคุมอุปกรณ์รับ

และแสดงผล อุปกรณ์ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับกระบวนการ และข่ายงานในการติดต่อสื่อสารภาย ในระบบรวมทั้งซอฟต์แวร์ในการจัดการ ซึ่งมีรูปแบบเฉพาะในของแต่ละบริษัท

ตารางที่ 8.2 ภาวะการเตือนสำหรับการตรวจสอบกระบวนการ

ตัวแปรกระบวนการ	รูปแบบของการเตือน
อุณหภูมิก้นหอ	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด
อุณหภูมิยอดหอ	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด
ระดับของเหลวที่ก้นหอ	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด
อัตราการไหลของสารป้อน	ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด
อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอ	ค่าสูงสุดและต่ำสุด
อัตราการไหลของรีฟลักซ์	ค่าสูงสุด
ความดันที่ก้นหอและยอดหอ	ค่าสูงสุด
อุณหภูมิของสารป้อน	ค่าสูงสุด
อัตราการไหลของดิสทิลเลต	ค่าสูงสุด
ระดับของเหลวที่ถังเก็บรีฟลักซ์	ค่าต่ำสุด

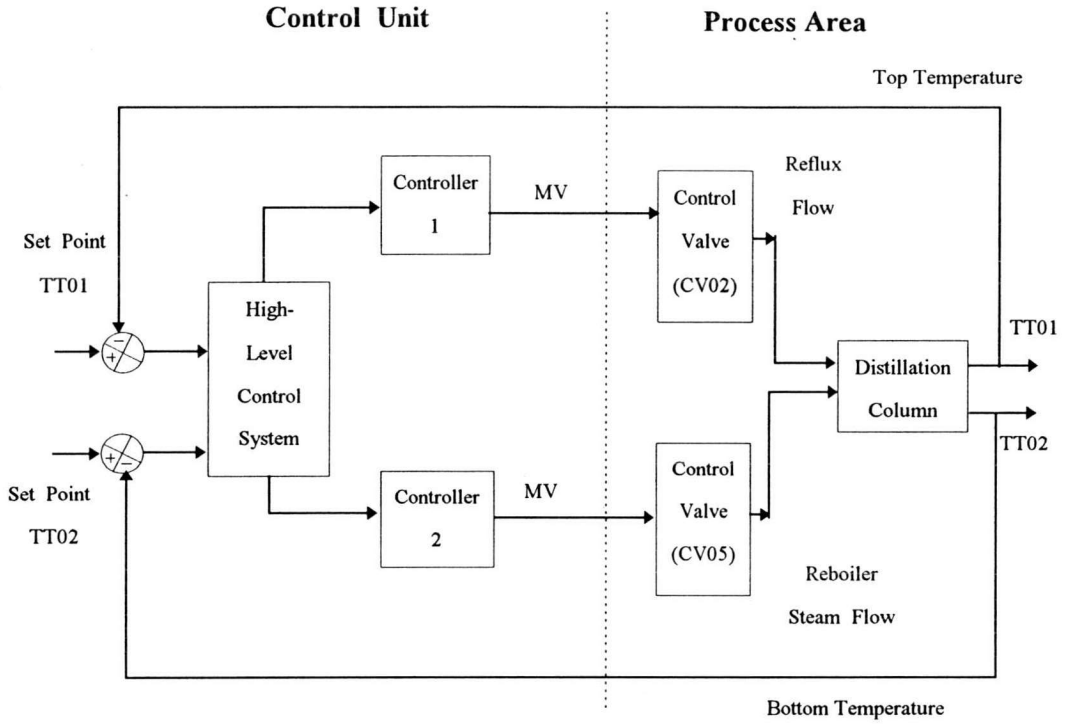
8.4 การสร้างโมเดลของหอกลั่น

โมเดลของหอกลั่นถูกสร้างขึ้นด้วยโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันและการใช้โปรแกรม Aspen Plus ซึ่งสรุปได้ดังนี้

8.4.1 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันและพลวัตของหอกลั่น

การหาทราส์เฟอร์ฟังก์ชันและการศึกษาพลวัตของหอกลั่นที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบ (L V) นั้น เป็นการใช้อัตราการไหลของรีฟลักซ์เป็นตัวแปรปรับเปลี่ยนในการควบคุมอุณหภูมิ

ยอดหอกลั่น และใช้อัตราการให้ความร้อนของไอน้ำแก่หม้อต้มซ้ำเป็นตัวแปรปรับเปลี่ยนในการควบคุมอุณหภูมิก้นหอกลั่น ดังแสดงในรูปที่ 8.3 สรุปได้ดังนี้



รูปที่ 8.3 โครงสร้างรูปแบบการควบคุมลูพคุณภาพ

1. การทดลองหาผลการตอบสนองของตัวแปรกระบวนการต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรปรับเปลี่ยนแบบสเต็พเพื่อหาโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันนั้นจะทำการทดลองที่สเต็พต่าง ๆ กัน แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อให้ได้โมเดลที่ครอบคลุมช่วงการปฏิบัติงาน จากการทำการทดลองพบว่าในแต่ละค่าของการทดลองจะต้องทำซ้ำหลายครั้ง แล้วเลือกค่าที่ถูกรบกวนน้อยที่สุด (สังเกตจากเส้นโค้งที่ค่อนข้างราบเรียบหรือแกว่งได้เล็กน้อย และให้ค่าเกนของกระบวนการ

ที่ใกล้เคียงกัน) การทดลองแต่ละครั้งอาจถูกรบกวนจากค่าตัวแปรอินพุทที่ไม่ต้องการ ซึ่งควบคุมได้ยาก เช่น ความดันของน้ำหล่อเย็นจากแหล่งกำเนิดที่ไม่คงที่ ความดันของไอน้ำที่ไม่คงที่เนื่องจากการเปิดและปิดของสตรีมแทร็ปทำให้อุณหภูมิของสารป้อนและอุณหภูมิของก้นหอไม่คงที่ อุณหภูมิบรรยากาศที่ไม่คงที่มีผลต่อกระบวนการกลั่นเนื่องจากหอกลั่นไม่ได้หุ้มฉนวนและอุณหภูมิของรีฟลักซ์ที่ไม่คงที่ เป็นต้น

2. การตอบสนองของตัวแปรกระบวนการที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแบบสเต็พเพิ่มขึ้นและการลดลงของตัวแปรอินพุทนั้นเป็นลักษณะแบบไม่สมมาตร ซึ่งจะได้โมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันได้ 2 โมเดล นั้นคือ โมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของการเพิ่มค่าตัวแปรอินพุทแบบสเต็พและโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของการลดค่าตัวแปรอินพุทแบบสเต็พ ในที่นี้หอกลั่นจะสมมุติในเป็นกระบวนการแบบสมมาตร โดยการใช้โมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของการเฉลี่ยในการอธิบายลักษณะการตอบสนองของตัวแปรกระบวนการต่อการเปลี่ยนแปลงแบบสเต็พของตัวแปรอินพุทเมื่อลูพเปิด ซึ่งทรานส์เฟอร์ฟังชันที่ได้จากการเฉลี่ยสามารถนำไปใช้ในการหาพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบพีไอดีได้

4. เมตริกซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการกลั่นที่มีรูปแบบโครงสร้างแบบ (L V) ได้แก่

$$\begin{bmatrix} T_T(s) \\ T_B(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{-0.0315e^{-32S}}{39s+1} & \dfrac{0.0355e^{-13S}}{84s+1} \\ \dfrac{-0.042e^{-127S}}{248s+1} & \dfrac{0.101e^{-51S}}{263s+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L(s) \\ V(s) \end{bmatrix} \qquad (8.1)$$

3. การเพิ่มอัตราการไหลของรีฟลักซ์ให้มีของเหลวกลับเข้าหอกลั่นมากขึ้น มีผลทำให้อุณหภูมิยอดหอลดต่ำลงเนื่องจากองค์ประกอบของสารเบาในของเหลวบนชั้นเทรย์มากขึ้น ซึ่งจากแผนภูมิจุดเดือดสำหรับสารสององค์ประกอบแสดงได้ว่าเมื่อองค์ประกอบของสารเบาในของผสมมีค่ามากขึ้นจะทำให้จุดเดือดของสารผสมลดต่ำลง ดังแสดงความสัมพันธ์ตามโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันแบบลูพเปิดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยอดหอกับอัตราการไหลของรีฟลักซ์ที่มีค่าเกนของกระบวนการเป็นลบ (K_P = -0.0315) โดยในช่วงเวลาแรกของการเปลี่ยนแปลงจะเกิดการแลกเปลี่ยนมวลสารและการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนกันระหว่างรีฟลักซ์ซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวบนชั้นเทรย์กับไอและของเหลวบนชั้นเทรย์อันเป็นผลทำให้อุณหภูมิของของเหลวบนชั้นเทรย์ต่ำลง

4. การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของรีฟลักซ์ส่งผลต่ออุณหภูมิก้นหอกลั่นโดยทำให้อุณหภูมิก้นหอลดต่ำลงเนื่องจากสารเบาและของเหลวไหลตกลงมายังก้นหอมากขึ้น ดังแสดงความสัมพันธ์ตามโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันแบบลูพเปิดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก้นหอกลั่นกับอัตราการไหลของรีฟลักซ์ที่มีค่าเกนของกระบวนการเป็นลบ (K_P = -0.042) เมื่ออุณหภูมิก้นหอกลั่นอยู่ในสถานะอัตโนมัติโดยตัวควบคุมแบบพีไอดี ตัวควบคุมจะนำค่าผลต่างระหว่างค่าเซ็ทพอยท์กับค่าตัวแปรกระบวนการของอุณหภูมิก้นหอกลั่นที่เกิดขึ้นมาคำนวณค่าสัญญาณควบคุมเพื่อเป็นสัญญาณให้กับวาล์วควบคุม อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำจะถูกเพิ่มขึ้นเพื่อให้อุณหภูมิก้นหอกลั่นเพิ่มขึ้นเท่ากับเซ็ทพอยท์ที่กำหนดไว้

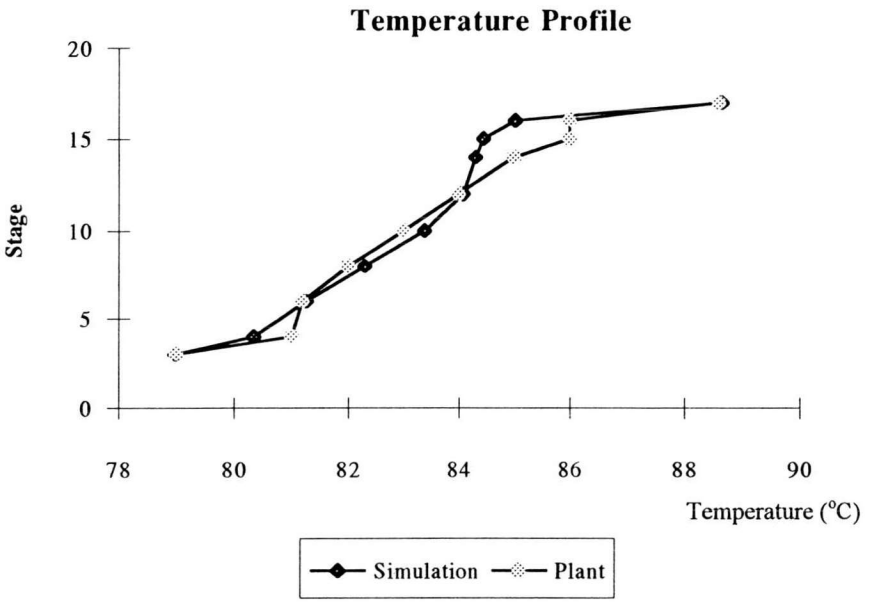
5. อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลทำให้ของเหลวกลายเป็นไอได้มากขึ้นซึ่งทำให้เกิดดุลมวลสาร และมีผลกระทบต่ออุณหภูมิยอดหอกลั่น ดังความสัมพันธ์ตามโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันแบบลูพเปิดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยอดหอกลั่นกับการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนแบบสต็พของตัวควบคุมอุณหภูมิก้นหอที่มีค่าเกนของกระบวนการเป็นบวก (K_P = 0.0355) นั้นคือ ทำให้อุณหภูมิยอดหอสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงคงดำเนินต่อไปจนกว่าระบบจะเข้าสู่สมดุลใหม่

6. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการให้ความร้อนของไอน้ำแก่หม้อต้มซ้ำโดยการลดปริมาณไอน้ำที่ให้แก่หม้อต้มซ้ำจะมีผลทำให้อุณหภูมิก้นหอลดต่ำลง ดังแสดงความสัมพันธ์ตามโมเดลแบบทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันแบบลูพเปิดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก้นหอกลั่นกับการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรปรับเปลี่ยนของตัวควบคุมอุณหภูมิก้นหอที่มีค่าเกนของกระบวนการเป็นบวก (K_P = 0.101) มวลของเหลวที่กลายเป็นไอจะลดลงซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนระหว่างไอที่ไหลขึ้นกับของเหลวที่ไหลลงลดน้อยลง อันเป็นผลทำให้อุณหภูมิยอดหอกลั่นลดต่ำลง เมื่ออุณหภูมิยอดหอกลั่นอยู่ในสถานะอัตโนมัติโดยตัวควบคุมแบบพีไอดี ตัวควบคุมจะนำค่าผลต่างระหว่างค่าเซ็ทพอยท์กับค่าตัวแปรกระบวนการของอุณหภูมิยอดหอกลั่นที่เกิดขึ้นมาคำนวณค่าสัญญาณควบคุมเพื่อเป็นสัญญาณให้กับวาล์วควบคุม อัตราการให้การไหลของรีฟลักซ์จะถูกลดลงเพื่อให้อุณหภูมิยอดหอกลั่นเพิ่มขึ้นเท่ากับเซ็ทพอยท์ที่กำหนดไว้ และอัตราการให้การไหลของรีฟลักซ์ที่ลดลงนี้เป็นผลทำให้ของเหลวไหลตกลงมาก้นหอกลั่น

ได้น้อยลงซึ่งทำให้เกิดสภาพดุลมวลสารขึ้นในระบบและยังมีผลกระทบต่ออุณหภูมิก้นดังที่กล่าวมาแล้วด้วย พลวัตของกระบวนการจะดำเนินต่อไปจนระบบเข้าสู่สมดุลใหม่

8.4.2 การสร้างโมเดลของหอกลั่นด้วยโปรแกรม Aspen Plus

การสร้างโมเดลของหอกลั่นด้วยโปรแกรม Aspen Plus โดยการใช้ข้อมูลและค่าตัวแปรกระบวนการที่สถานะคงตัวของกระบวนการกลั่นด้วยโรงงานนำร่องหอกลั่นที่สร้างขึ้นทำให้สามารถหาค่าประสิทธิภาพของเมอร์ฟีร์ได้ เท่ากับ 0.85



รูปที่ 8.4 โปรไฟล์อุณหภูมิของโรงงานนำร่องการกลั่นและการเลียนแบบกระบวนการ

โปรไฟล์อุณหภูมิของโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นมาเปรียบเทียบกับโปรไฟล์อุณหภูมิที่ได้จากโมเดลของหอกลั่นที่สร้างด้วยโปรแกรม Aspen Plus แสดงผลได้ดังรูปที่ 8.4 ซึ่งให้ผลที่

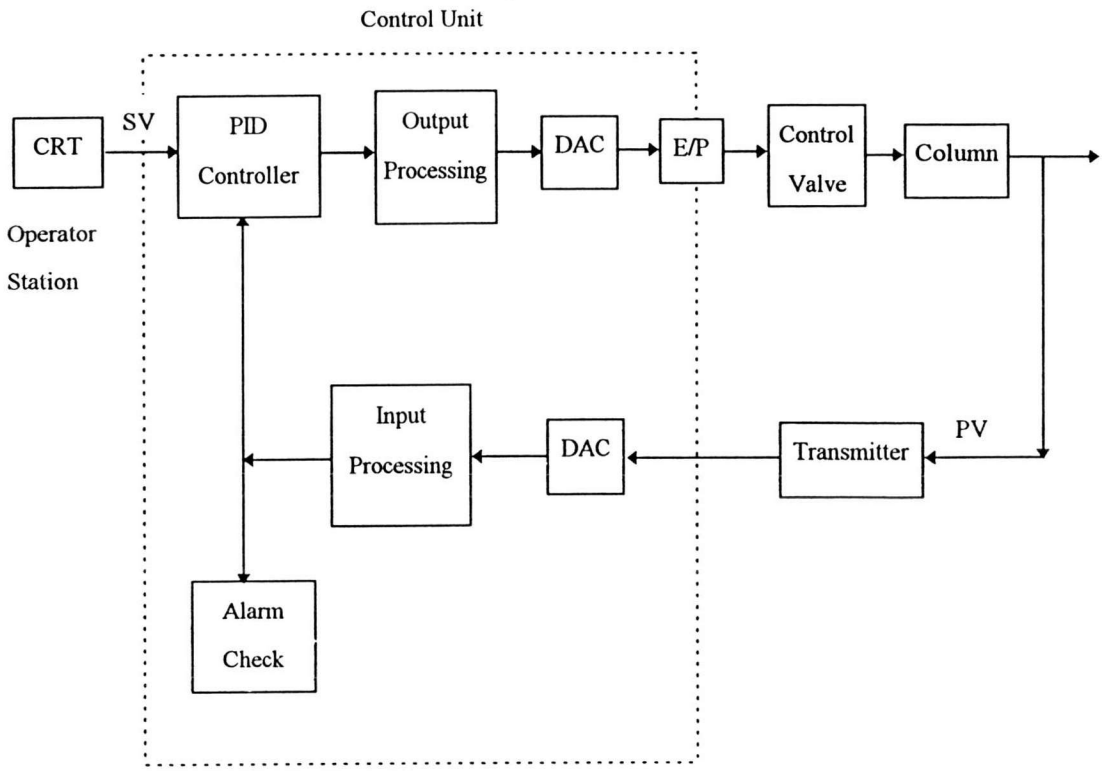
สอดคล้องกัน โดยอุณหภูมิของโรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นจะถูกวัดด้วยเทอร์โมคับเปิลและตัววัดอุณหภูมิแบบวัดความต้านทานที่เทรย์ต่าง ๆ ได้แก่ เทรย์ที่ 3 4 6 8 10 12 14 15 16 และ 17 (นับจากยอดหอโดยรวมเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ) ดังรายละเอียดที่แสดงในบทที่ 4 ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากการวัดด้วยเทอร์โมคับเปิลสามารถอ่านได้เป็นเลขจำนวนเต็มทำให้ขาดความละเอียดของข้อมูลและการต่อสายสัญญาณของเทอร์โมคับเปิลกับอุปกรณ์อินพุท/เอาท์พุทของหน่วยควบคุมที่มีความยาวจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่วัดได้เกิดความเคลื่อนจากความต้านทานของสายสัญญาณได้

8.5 การควบคุมกระบวนการกลั่นด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ

การควบคุมกระบวนการกลั่นด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี แสดงในรูปที่ 8.5 การควบคุมตัวแปรควบคุมต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 8.3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 8.3 ลูพควบคุมของโรงงานนำร่องหอกลั่น

วาล์วควบคุม	ตัวควบคุม	ตัวแปรควบคุม	ตัวแปรปรับเปลี่ยน
CV01	PID	อุณหภูมิสารควบแน่น	วาล์วน้ำหล่อเย็น
CV02	PID	อุณหภูมิยอดหอ	วาล์วรีฟลักซ์
CV03	PI	ระดับในถังรีฟลักซ์	วาล์วดิสทิลเลต
CV04	PID	ระดับที่ก้นหอ	วาล์วผลิตภัณฑ์ก้นหอ
CV05	PID	อุณภูมิก้นหอ	วาล์วไอน้ำ



รูปที่ 8.5 ลูพควบคุมของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน

1. การควบคุมอุณหภูมิก้นหอโดยการปรับเปลี่ยนอัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำของไอน้ำสามารถควบคุมได้อย่างดี ตัวควบคุมสามารถรักษาเซ็ทพอยท์เดิมได้อย่างต่อเนื่องและสามารถปรับกระบวนการเมื่อมีการรบกวนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยอดหอให้เข้าสู่เซ็ทพอยท์เดิมได้ รวมทั้งสามารถปรับกระบวนการเพื่อให้เข้าสู่เซ็ทพอยท์ใหม่ได้ดี โดยมีช่วงอุณหภูมิการปฏิบัติงานอยู่ที่ 87.0-90.5 °C การกลั่นที่ระดับอุณหภูมิก้นหอสูงกว่า 90.5 °C อาจทำให้ไอภายในหอกลั่นมีค่ามากเกินไปและเป็นผลทำให้ความดันที่ก้นหอกลั่นมีค่าสูง ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ท่วมของของเหลวบนเทรย์ได้ และการกลั่นที่อุณหภูมิก้นหอต่ำกว่า 87 °C ทำ

ให้ไอระเหยขึ้นไปได้น้อย ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ปรากฏการณ์รั่วของของเหลวได้ (ความดันตกคร่อมหอกลั่นที่สามารถปฏิบัติงานได้อยู่ในช่วง เท่ากับ 0.01-0.06 Kg/cm^2)

2 การควบคุมอุณหภูมิยอดหอโดยการปรับอัตราการไหลของรีฟลักซ์สามารถควบคุมได้ถึงแม้จะมีภาระเนื่องจากอุณหภูมิของรีฟลักซ์ที่ไม่คงที่ และมีข้อจำกัดทางปริมาณผลิตภัณฑ์ยอดของที่มีปริมาณน้อย ตำแหน่งของเทรย์ที่ถูกวัดเพื่อใช้เป็นตัวแปรกระบวนการหรือตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิที่ตำแหน่งเทรย์ที่ 6 เนื่องจากเป็นตำแหน่งเทรย์ที่อยู่ใกล้ยอดหอมากที่สุดที่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ชัดจากอุปกรณ์การวัดและการแสดงค่า อุณหภูมิการปฏิบัติงานอยู่ในช่วง 80.5-82.0 °C (อัตราการไหลของรีฟลักซ์อยู่ในช่วงประมาณ 25-60 L/Hr)

3 การควบคุมระดับของเหลวที่ก้นหอสามารถควบคุมให้คงที่ได้อย่างดี ทำให้หอกลั่นสามารถปฏิบัติงานได้อย่างต่อเนื่อง การที่ระดับของเหลวที่ก้นหอคงที่จะช่วยให้การหมุนเวียนของสารผสมในหม้อต้มซ้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวควบคุมสามารถปรับเซ็ทพอยท์ของระดับของเหลวที่ก้นหอกลั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4 การควบคุมระดับของเหลวในถังเก็บรีฟลักซ์สามารถควบคุมได้ แต่เนื่องจากถังเก็บรีฟลักซ์ที่มีพื้นที่หน้าตัดมาก (เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 60 เซ็นติเมตร) และถังมีขนาดใหญ่ ทำให้พลวัติของระดับของเหลวมีน้อย การควบคุมจึงไม่ยุ่งยากเพียงระวังไม่ให้ของเหลวในถังแห้ง

5 การควบคุมอุณหภูมิสารควบแน่นให้คงที่เป็นไปได้ลำบากเนื่องเพราะความดันของน้ำจากแหล่งกำเนิดไม่คงที่ การปรับตำแหน่งของวาล์วจึงให้อัตาการไหลของน้ำที่ไม่แน่นอน

8.6 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นในงานวิจัยปฏิบัติการได้สามารถปฏิบัติการได้สมบูณร์ยิ่งขึ้นควรมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนซึ่งทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการกลั่น และยังช่วยให้ระบบมีเสถียรถาพมากขึ้นจากการรบกวนของอุณหภูมิภายนอก นอกจากนี้การไม่หุ้มฉนวนกันความร้อนจะทำให้ไอในหอกลั่นเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวได้มากทำให้ของเหลวในหอกลั่นมาก ส่วนของไอที่ยอดหอกลั่นมีปริมาณน้อยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ยอดหอน้อย

2. เพื่อให้โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นเป็นระบบอัตโนมัติที่สมบูรณ์ควรติดตั้งวาล์วควบคุมเพิ่มเติม คือ วาล์วควบคุมอัตราการไหลของสารป้อน และวาล์วควบคุมอัตราการให้ความร้อนของไอน้ำแก่พรีฮีตเตอร์ รวมทั้งควรติดตั้งโซลินอยด์วาล์วที่สายสารป้อนทั้ง 5 สายการป้อนเพื่อการเลือกตำแหน่งเทรย์ป้อน

3. ถังเก็บรีฟลักซ์ควรแก้ไขให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยลง เพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงทางพลวัตของระดับของเหลวที่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมได้ดีขึ้น

4. น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นสำหรับเครื่องควบแน่นควรติดตั้งผ่านปั๊มป์พร้อมถังเก็บน้ำเพื่อประสิทธิภาพในการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการควบคุมความดันในหอกลั่น (ในงานวิจัยนี้ สายน้ำหล่อเย็นถูกต่อกับสายน้ำประปาโดยตรง)

5. โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นที่จัดสร้างขึ้นนี้ถูกทดสอบโดยการใช้การควบคุมแบบพื้นฐาน ดังนั้น จึงควรมีงานวิจัยที่ใช้การควบคุมขั้นก้าวหน้าหรืองานวิจัยที่จะนำไปสู่การเป็นผู้

นำทางด้านกระบวนการควบคุม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่อุตสาหกรรมในระดับประเทศ โดยเฉพาะในสภาวะการแข่งขันที่สูงของอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งจะทำให้โรงงานนำร่องเพื่อการกลั่นที่สร้างขึ้นเป็นอุปกรณ์ช่วยนี้เกิดประโยชน์อย่างสูง ตารางที่ 8.4 เป็นหัวข้อตัวอย่างที่เสนอสำหรับการศึกษากระบวนการควบคุมหอกลั่น

ตารางที่ 8.4 โครงการวิจัยการควบคุมกระบวนการโดยใช้โรงงานนำร่องหอกลั่น

ลำดับที่	โครงการวิจัย
1.	โมเดลและการควบคุมของระบบทวิเชิงเส้น (Modelling and control of bilinear system)
2.	การควบคุมแบบหลายตัวแปร (Multivariable control)
3.	การควบคุมแบบจูนได้เอง (Self-tuning control)
4.	การควบคุมแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear control)
5.	การออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบขนาดใหญ่ (Larg-scale system)