# บทที่ 7

# วิเคราะห์ สรุป และข้อเสนอแนะ

## 7.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

| | | |
|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ 1 โครงสร้าง *LV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *LV* ที่ใช้ มีการกระทบระหว่างลูพโดยที่ $\lambda = 0.73$ เป็นผลให้การตอบสนองมีการแกว่งตามรูปที่ 6.2-6.3 |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE จะดีที่สุด เนื่องจากมี IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี ISE เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| ตัวอย่างที่ 2 โครงสร้าง *LV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *LV* ที่ใช้ มีการกระทบระหว่างลูพ โดยที่ $\lambda = 2.01$ เป็นผลให้การตอบสนองแกว่ง ตามรูปที่ 6.5-6.7 |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าลูพควบคุมยอดหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนสูงกว่าลูพฐานหอ |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี Multiloop จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี Multiloop เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| ตัวอย่างที่ 3 โครงสร้าง *LV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *LV* ที่ใช้มีการกระทบระหว่างลูพมาก โดยที่ $\lambda=3.27$ เป็นผลให้การตอบสนองการตอบสนองแกว่งมาก ตามรูปที่ 6.9-6.12 |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าทั้งลูพควบคุมยอดหอและฐานหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนต่ำกว่าส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี ISE เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |

| | | |
|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ 4 โครงสร้าง *LV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *LV* ที่ใช้มีการกระทบระหว่างลูพมาก โดยที่ $\lambda$=0.54 เป็นผลให้การตอบสนองการตอบสนองแกว่งมาก ตามรูปที่ 6.14-6.15 |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารมิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี BLT จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี BLT เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| ตัวอย่างที่ 5 โครงสร้าง *LV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *LV* ที่ใช้มีการกระทบระหว่างลูพ โดยที่ $\lambda$=1.78 เป็นผลให้การตอบสนองการตอบสนองแกว่งมาก ตามรูปที่ 6.20-6.34 |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าทั้งลูพควบคุมยอดหอและฐานหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนต่ำกว่าส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ZN จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี ZN เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| ตัวอย่างที่ 5 โครงสร้าง *DV* | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *DV* ที่ใช้มีการกระทบระหว่างลูพมาก โดยที่ $\lambda$=0.15 เป็นผลให้การตอบสนองการตอบสนองแกว่งมาก ตามรูปที่ 6.20-6.34 ซึ่งน่าจะต้องสลับตำแหน่งตัวแปรปรับเป็นโครงสร้าง *VD* |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าทั้งลูพควบคุมยอดหอและฐานหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนต่ำกว่าส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากเอกสารตีพิมพ์จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของเอกสารตีพิมพ์เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |

| | | |
|---|---|---|
| ตัวอย่างที่ 5 โครงสร้าง $D/(L+D),V$ | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม $D/(L+D),V$ มีการกระทบระหว่างลูพ โดยที่ $\lambda$=1.16 เป็นผลให้การตอบสนองการตอบสนองแกว่งมาก ตามรูปที่ 6.20-6.34 |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าทั้งลูพควบคุมยอดหอและฐานหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนต่ำกว่าส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ZN จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี ZN เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| ตัวอย่างที่ 5 โครงสร้าง $D/(L+D),V/B$ | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม $D/(L+D),V/B$ ที่ใช้มีการกระทบระหว่างลูพน้อยที่สุดของตัวอย่างที่ 5 โดยที่ $\lambda$=1.10 การตอบสนองแสดงในรูปที่ 6.20-6.34 |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 พบว่าทั้งลูพควบคุมยอดหอและฐานหอมีความไวต่ออัตราไหลกระแสป้อนต่ำกว่าส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | จากตารางที่ 6.1 และ 6.4 พบว่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมจากวิธี ISE จะดีที่สุด เนื่องจากมีค่า IAE น้อยที่สุด โดยร้อยละ IAE ที่แตกต่างของวิธี ISE เมื่อเทียบกับวิธีอื่น แสดงในตารางที่ 6.4 |
| สรุปรวมของตัวอย่างที่ 5 | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2 โครงสร้าง $D/(L+D),V/B$ มีการกระทบระหว่างลูพน้อยที่สุด |
| | การปัดการรบกวน | จากตารางที่ 6.3 โครงสร้าง $D/(L+D),V/B$ ปัดการรบกวนของอัตราไหลกระแสป้อนได้ดีที่สุด<br>โครงสร้าง $D/(L+D),V/B$ ปัดการรบกวนของส่วนผสมกระแสป้อนในลูพยอดหอดีที่สุด<br>โครงสร้าง $D/(L+D),V$ ปัดการรบกวนของส่วนผสมกระแสป้อนในลูพฐานหอดีที่สุด |

| | | |
|---|---|---|
| โครงสร้าง *L/(D+L),V* แปลงจาก *LV* ในตัวอย่างที่ 5 | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2, โครงสร้างควบคุม *L/(L+D),V* มีการกระทบระหว่างลูพ โดยที่ λ=1.16 เท่ากับโครงสร้าง *D/(L+D),V* การตอบสนองการตอบสนองแกว่งน้อยกว่า *LV* และ *L/(L+D),V/B* ตามรูปที่ 6.35-6.36 |
| | การปัดการรบกวน | สามารถปัดการรบกวนอัตราไหลและส่วนผสมกระแสป้อนได้ดีกว่า *LV* และ *L/(L+D),V/B* ตามรูปที่ 6.37-6.38 |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | พารามิเตอร์ตัวควบคุมแสดงในตารางที่ 6.1 จากการสุ่มทดสอบ |
| โครงสร้าง *L/(D+L),V/B* แปลงจาก *LV* ในตัวอย่างที่ 5 | การกระทบระหว่างลูพ | จากรูปที่ 6.35 พบว่าสามารถลดการกระทบระหว่างลูพได้ดีกว่า *LV* และ *L/(L+D),V* เมื่อเปลี่ยนเซ็ทพอยท์ยอดหอ และจากตารางที่ 6.2 มีค่า λ=1.01 |
| | การปัดการรบกวน | สามารถปัดการรบกวน ทั้งอัตราไหลและส่วนผสมกระแสป้อน ได้ดีกว่าโครงสร้าง *LV* |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | พารามิเตอร์ตัวควบคุมแสดงในตารางที่ 6.1 จากการสุ่มทดสอบ |
| โครงสร้าง *LB* แปลงจาก *LV* ในตัวอย่างที่ 5 | การกระทบระหว่างลูพ | จากตารางที่ 6.2 มีค่า λ=1.01 เท่ากับโครงสร้าง *L/(L+D),V/B* |
| | การปัดการรบกวน | สามารถปัดการรบกวนได้ดีทั้งอัตราไหลและส่วนผสมกระแสป้อน |
| | พารามิเตอร์ตัวควบคุม | พารามิเตอร์ตัวควบคุมแสดงในตารางที่ 6.1 จากการสุ่มทดสอบ |

## 7.2 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้วิธีการต่างๆ ในการหาโครงสร้างการควบคุมหอกลั่นที่ดีที่สุด โดยทำการพิจารณาความสามารถของโครงสร้างควบคุมในการลดกระทบระหว่างลูพควบคุมได้มากที่สุดด้วยค่าเกนอะเรย์สัมพัทธ์ (Relative gain array) และการปัดการรบกวนที่เกิดขึ้นด้วยค่าพารามิเตอร์ความไวต่อการรบกวน (Disturbance sensitivity parameter) จากการทดลองพบว่า โครงสร้างรูปแบบอัตราส่วน ได้แก่ [$D/(L+D),V$], [$D/(L+D),V/B$] และโครงสร้างใหม่จากการแปลง [$L/(L+D),V$] สามารถลดการกระทบระหว่าง ลูพและปัดการรบกวนได้ดีกว่าโครงสร้างแบบที่นิยมใช้ เช่น $LV$ หรือ $DV$ เป็นต้น

การหาแบบจำลองของโครงสร้างการควบคุม $L/(L+D),V$ ได้ใช้วิธีการแปลงโครงสร้างการควบคุม (Control structures tranformation) โดยจัดรูปแบบตัวแปรปรับใหม่ และอาศัยข้อมูลสภาวะคงที่ของโครงสร้างการควบคุมฐาน (Base model) คือ $LV$ ของตัวอย่างที่ 5 อีกทั้งหาแบบจำลองไดนามิกของโครงสร้าง $L/(L+D),V$ โดยสมมติฐานให้ระบบอินเวนทอรีถูกควบคุมอย่างสมบูรณ์และตัวแปรปรับอินเวนทอรีสามารถเข้าสู่สภาวะคงที่ทันทีหลังถูกรบกวน

นอกจากนี้ ได้หาพารามิเตอร์ตัวควบคุมของโครงสร้างที่เลือกว่าดีที่สุด โดยการหาพารามิเตอร์ตัวควบคุมได้ใช้ IAE ที่น้อยที่สุดของผลการตอบสนองการควบคุม เป็นตัวบ่งชี้พารามิเตอร์ที่เหมาะสม

## 7.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบควบคุมแบบกระจายส่วนมีฟังก์ชันอุปกรณ์น้อยกว่า SIMULINK ทำให้ไม่สามารถทำการเลียนแบบได้สะดวก และผลการทดลองที่ได้จาก SIMULINK และระบบควบคุมแบบกระจายส่วนไม่สอดคล้องกัน

โครงสร้างการควบคุมหอกลั่น $L/(L+D),V$ ที่ได้เสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แสดงผลการเลียนแบบการควบคุมให้เห็นว่าสามารถลดการกระทบระหว่างลูพและปัดการรบกวนได้ดีกว่าโครงสร้างที่นิยมใช้ ($LV$ หรือ $DV$) จึงเป็นโครงสร้างหนึ่งที่สามารถนำไปติดตั้งเพื่อทำการทดลองกับหอกลั่น นอกจากนี้ก็มีโครงสร้าง $L/(L+D),V/B$ หรือใช้วิธีการแปลงโครงสร้างการควบคุมหอกลั่นในการหาโครงสร้างการควบคุมแบบอื่นๆ ต่อไป