

การเลียนแบบเชิงพลวัตและการควบคุมที่มีโครงสร้าง ดีซีเอส ของหอกลับ



นางสาวอัจฉรา คงแดง

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9803-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DYNAMIC SIMULATION AND CONTROL WITH DCS CONFIGURATION OF DISTILLATION COLUMN



Miss Achara Kongtang

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-9803-2

อัจฉรา คงแดง : การเลียนแบบเชิงพลวัตและการควบคุมที่มีโครงสร้าง ดีซีเอส
ของหอกลั่น (DYNAMIC SIMULATION AND CONTROL WITH DCS
CONFIGURATION OF DISTILLATION COLUMN)

อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร , อ.ที่ปรึกษาร่วม :
นายวีรพันธุ์ สถาพรนานนท์ 145 หน้า ISBN 974-17-9803-2

งานวิจัยนี้ได้เขียนโปรแกรมจำลองเชิงพลวัตของกระบวนการกลั่นด้วยโปรแกรมภาษา
วิซวล ซี พลัส พลัส (Visual C++) และการควบคุมโดยมีโครงสร้างของระบบ ดีซีเอส รุ่น
CENTUM CS3000 ของหอกลั่น 2 หอ ในแต่ละหอมีการกำหนดความดันภายในหอต่างกันและ
มีการใช้พลังงานร่วมกันเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน โดยหอกลั่นที่มีความดันสูงมีความดันยอด
หอ 132.90 psia และความดันก้นหอ 139.69 psia นำพลังงานที่ได้จากการคายความร้อนของ
เครื่องควบแน่นไปใช้ให้แก่หม้อต้มซ้ำในหอกลั่นความดันต่ำที่มีความดันยอดหอ 126.57 psia
และ ความดันก้นหอ 133.04 psia โดยที่ในแต่ละหอจะมีการควบคุมระดับของเหลวใน
รีฟลักซ์ดรัม ระดับของของเหลวที่ก้นหอและควบคุมอุณหภูมิที่ก้นหอ ในการควบคุม
กระบวนการจะใช้การควบคุมที่มีอัลกอริทึมแบบ PID ซึ่งเป็นฟังก์ชันบล็อกที่มีอยู่ในระบบดีซีเอส

ในแต่ละหอสามารถกำหนดโครงสร้างและขนาดของหอได้ ดังเช่น จำนวนเทรย์ของหอ
สามารถกำหนดได้ไม่เกิน 50 เทรย์ ตำแหน่งเทรย์ป้อน ประสิทธิภาพของเทรย์ ความยาวของฝาย
ความสูงของฝาย เส้นผ่านศูนย์กลางของหอ อัตราส่วนรีฟลักซ์ และความร้อนที่ให้แก่หม้อต้มซ้ำ
สามารถกำหนดองค์ประกอบในสายป้อนได้ถึง 10 องค์ประกอบ ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบโปรแกรม
การเลียนแบบกระบวนการนี้กับโปรแกรมโปรซู (Pro II) ได้ผลที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและ
ค่าผิดพลาดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 - 15%

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

427 15033 21 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: DYNAMIC SIMULATION / DISTILLATION COLUMN / HEAT INTEGRATION / CONTROL WITH DCS CONFIGURATION / DISTILLATION SIMULATION MODEL

ACHARA KONGTANG : DYNAMIC SIMULATION AND CONTROL WITH DCS CONFIGURATION OF DISTILLATION COLUMN. THESIS ADVISOR : PAISAN KITTISUPAKORN, Ph.D. THESIS COADVISOR : WERAPUN STAPORNNANON, 145 pp. ISBN 974-17-9803-2

This work has been carried out to develop a dynamic simulation package for two interaction distillation columns based on the Visual C++ program. The developed package can be incorporated with CENTUM CS3000, a DCS configuration, to provide the control study of the columns by a conventional PID control algorithm. Each column is operated in a different pressure range and interacting to each others by heat integration for energy saving purpose. The high and low pressure distillation columns are operated at the pressure of 132.90 psia and 139.69 psia respectively. The heat recovered from the condenser of the high pressure column is transferred to the reboiler of the low pressure column. Process variables: the liquid level of reflux drum, the liquid level and the temperature at the bottom of the column of each column can be controlled by the PID control algorithm.

Each column specification can be set with defined constraints as follows: number of tray up to 50, feed tray position, tray efficiency, weir length, weir height column diameter, reflux ratio and heat input of the reboiler. The number of components in feed up to 10. This simulation package has been tested by comparing with Pro II. The result has shown that the developed package provides good prediction of the dynamic behavior of the two columns and the difference of the result are within 0 – 15 %.

Department of Chemical Engineering. Student's Signature

Field of study of Chemical Engineering. Advisor's Signature

Academic year 2002

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คุณวีรพันธุ์ สถาพรนานนท์ จากบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด เป็นอย่างสูงสำหรับการให้คำปรึกษาแนะนำทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นในการแก้ไข ปัญหาต่างๆ ตลอดจนความช่วยเหลือด้านต่างๆ อย่างดี

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ และ อาจารย์ ดร.มนตรี วงศ์ศรี ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ต่องานวิจัยนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้กำเนิด เลี้ยงดูด้วยความรักและ มอบการศึกษาอันเป็นทรัพย์ที่ประเมินค่าไม่ได้ ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ณ

บทที่

1. บทนำ

1.1 บทนำ.....	1
1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	2
1.3 มุลเหตุจูงใจ	4
1.4 วัตถุประสงค์	5
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.7 เนื้อหาวิทยานิพนธ์	6

2. ทฤษฎีการกลั่นและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอกลั่น

2.1 บทนำ.....	8
2.2 ชนิดของหอกลั่น (Distillation Column)	9
2.3 ชนิดของการเลียนแบบกระบวนการ (Process Simulation)	9
2.4 แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น (Dynamics Modeling of Distillation)	9
2.4.1 สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)	10
2.4.2 ไฮดรอลิกส์ของเทรย์ (Tray hydraulics)	16
2.4.3 เอนทาลปี.....	17

บทที่	หน้า
3. การควบคุมแบบดิจิทัล	
3.1 บทนำ.....	19
3.2 ความหมายของระบบดิจิทัล	20
3.3 ส่วนประกอบหลักๆของระบบดิจิทัลที่พบโดยทั่วไป.....	20
3.3.1 ชุดติดต่อพนักงาน (Human Interface Station)	21
3.3.2 หน่วยควบคุมกระบวนการ (Field Control Station, FCS).....	23
3.3.3 วิเน็ต (Vnet)	28
3.3.4 อีเทอร์เน็ต (Ethernet)	30
3.3.5 เครื่องพิมพ์ (Printer)	30
3.3.6 บีซีวี (Bus Converter, BCV)	30
3.4 การเขียนลูปควบคุมในระบบ CENTUM CS3000.....	31
4. โปรแกรมการเขียนแบบเชิงพลวัตและการควบคุมหอกลับ	
4.1 บทนำ	48
4.2 ข้อมูลที่ใช้ในส่วนการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับมีดังนี้	49
4.2.1 ขนาดและลักษณะของหอกลับ.....	49
4.2.2 กำหนดสถานะในการปฏิบัติการของหอกลับ	49
4.2.3 กำหนดสถานะและองค์ประกอบของสายป้อน	49
4.2.4 กำหนดค่าสถานะเริ่มต้น.....	49
4.3 โครงสร้างโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการและการควบคุม.....	49
4.3.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้	49
4.3.2 ส่วนการเขียนแบบกระบวนการ.....	52
4.3.3 โปรแกรมเชื่อมต่อระหว่างส่วนของการเขียนแบบกระบวนการกับการควบคุม.....	53
4.3.4 ส่วนของตัวควบคุม	58
4.4 วิธีจูนตัวควบคุม	59
4.4.1 วิธีจูนตัวควบคุมระดับ.....	59
4.4.2 วิธีจูนตัวควบคุมอุณหภูมิ.....	60
4.5 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม.....	61

บทที่	หน้า
5. ผลการเลียนแบบเชิงพลวัตของหอกลิ้น	
5.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมการเลียนแบบหอกลิ้นในระบบดีซีเอส	62
5.2 การปฏิบัติการในหน้ากราฟิก.....	65
5.3 การแสดงผลการรันโปรแกรม.....	67
5.3.1 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม.....	67
5.4 วิเคราะห์ผล	101
5.4.1 การทดสอบผลโดยการเพิ่มอัตราการไหลของสายป้อนแบบสแต็ป.....	101
5.4.2 การทดสอบผลโดยการเพิ่มอุณหภูมิของสายป้อนแบบสแต็ป.....	101
5.5 ตัวอย่างการรันโปรแกรมกรณีที่มีการควบคุม.....	102
5.5.1. ดูพควบคุมระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ดรัมของหอกลิ้นความดันต่ำ.....	102
5.5.2. ดูพควบคุมระดับของของเหลวในหอในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	106
5.5.3. ดูพควบคุมอุณหภูมิในหอในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	109
5.5.4. ดูพควบคุมระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ดรัมของหอกลิ้นความดันสูง.....	112
5.5.5. ดูพควบคุมระดับของของเหลวในหอในหอกลิ้นความดันสูง.....	115
5.5.6. ดูพควบคุมอุณหภูมิในหอในหอกลิ้นความดันสูง.....	118
6. สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลงานวิจัย	121
6.2 ปัญหาและข้อจำกัดของโปรแกรม	122
6.3 ข้อเสนอแนะ	122
รายการอ้างอิง	123

สารบัญ (ต่อ)

ณ

บทที่

หน้า

ภาคผนวก125

ภาคผนวก ก การทำโครงการในระบบควบคุมแบบดิจิทัลซีเอส.....126

ภาคผนวก ข ฟังก์ชันอุปกรณ์ในระบบควบคุมแบบกระจายส่วนรุ่น CENTUM CS3000...133



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลิ้น.....	11
2.2 แบบจำลองของเทอร์รี่ที่ n.....	13
2.3 แบบจำลองหม้อต้มซ้ำและฐานหอกลิ้น.....	14
2.4 แบบจำลองเครื่องควบคุมแน่นและถังรีฟลักซ์.....	15
3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบดิจิตอล CENTUM CS3000.....	20
3.2 ส่วนอินเตอร์เฟซของระบบควบคุมแบบดิจิตอล CENTUM CS3000.....	21
3.3 ทิศทางของสัญญาณในการควบคุมกระบวนการ.....	23
3.4 ทิศทางของสัญญาณในหน่วยควบคุม (FCS).....	24
3.5 ส่วนประกอบในหน่วยควบคุมกระบวนการ (FCS).....	26
3.6 การต่อสายสัญญาณในหน่วยควบคุม (FCS) และหน่วยอินเตอร์เฟซ (HIS).....	28
3.7 ฟังก์ชันทั่วไปในฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีไอดี.....	31
3.8 พารามิเตอร์ต่างๆของฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีไอดี.....	33
3.9 แสดงตัวอย่างการควบคุมอุณหภูมิในหอกลิ้น.....	34
3.10 แสดงการเขียนลูปการควบคุมอุณหภูมิในหอกลิ้น.....	35
3.11 แสดงหน้า System View.....	35
3.12 แสดงการสร้างโครงการใหม่.....	36
3.13 การใส่ข้อมูลของโครงการ.....	36
3.14 การตั้งชื่อโครงการ.....	37
3.15 การสร้างหน่วยควบคุม (FCS).....	38
3.16 การสร้างหน่วยอินเตอร์เฟซ (HIS).....	39
3.17 การสร้าง NODE ในหน่วยควบคุม (FCS).....	40
3.18 การสร้าง IOM ในหน่วยควบคุม (FCS).....	41
3.19 แสดงไฟล์ของ IOM ใน NODE ที่ 1.....	41
3.20 กำหนดตำแหน่งของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตใน IOM.....	42
3.21 แสดงการสร้างลูปควบคุมใน Control Drawing.....	43
3.22 แสดงหน้าการกำหนดคุณสมบัติ (Properties) ของแท็ก.....	44
3.23 แสดงหน้าการกำหนดรายละเอียดของแท็ก.....	44
4.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วยการกำหนดขนาดและลักษณะของหอกลิ้น.....	49

ภาพประกอบ	หน้า
4.2 กำหนดสภาวะในการปฏิบัติการของหอกลับและส่วนเลือกชนิดของสายป้อน.....	50
4.3 กำหนดสภาวะและองค์ประกอบของสายป้อน.....	50
4.4 แสดงผลการปฏิบัติการโดยหน้ากราฟิกและกราฟแสดงผลตามเวลา.....	51
4.5 การคำนวณหาค่า PID จากผลของ Reaction Curve ตามหลักการของ Zieler & Nichols..	59
4.6 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม.....	61
5.1 แสดงหน้า System Message.....	63
5.2 แสดงการเรียกหน้ากราฟิก.....	63
5.3 แสดงหน้ากราฟิกสำหรับปฏิบัติการ.....	63
5.4 แสดงเมนูแรกในการกำหนดสภาวะของหอกลับ.....	64
5.5 แสดงหน้า สำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวควบคุม (Tuning).....	65
5.6 แสดงแนวโน้มเป็นกราฟของระดับในถังรีฟลักซ์ดรัม.....	66
5.7 แสดงการเปลี่ยนโหมดควบคุม.....	67
5.8 แสดงการเปลี่ยนอัตราการป้อนของสายป้อน.....	67
5.9 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$	75
5.10 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0005$	75
5.11 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0001$	76
5.12 โพรไฟล์แสดงสัดส่วนโดยโมลของสารในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$	78
5.13 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 2.....	85
5.14 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 3.....	88
5.15 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 4.....	91
5.16 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 5.....	94
5.17 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 6.....	97
5.18 โพรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 7.....	100
5.19 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ดรัมของหอกลับความดันต่ำ.....	103
5.20 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ดรัมของหอกลับความดันต่ำ.....	104

ภาพประกอบ	หน้า
5.21 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ครีမ်ของหอกลิ้นความดันต่ำ.....	105
5.22 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	106
5.23 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	107
5.24 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	108
5.25 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	109
5.26 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	110
5.27 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันต่ำ.....	111
5.28 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ครีမ်ของหอกลิ้นความดันสูง.....	112
5.29 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ครีမ်ของหอกลิ้นความดันสูง.....	113
5.30 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว ในถังรีฟลักซ์ครีမ်ของหอกลิ้นความดันสูง.....	114
5.31 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันสูง.....	115
5.32 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันสูง.....	116
5.33 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันสูง.....	117
5.34 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ ในหอกลิ้นความดันสูง.....	118

ภาพประกอบ	หน้า
5.35 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวกั้นหอ ในหอกลั่นความดันสูง.....	119
5.36 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวกั้นหอ ในหอกลั่นความดันสูง.....	120



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แสดงเปรียบเทียบระหว่างระบบการควบคุมแบบเท่ากับระบบ ดี ซี เอส.....	46
4.1 แสดงถึงสูตรการกำหนดค่า PID ตามหลักการของ Zieler & Nichols.....	60
5.1 ผลจากการคำนวณอนุภูมิของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$	72
5.2 ผลจากการคำนวณอนุภูมิของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0005$	73
5.3 ผลจากการคำนวณอนุภูมิของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.001$	74
5.4 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$..	76
5.5 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ $\Delta t = 0.0005$..	77
5.6 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ $\Delta t = 0.001$	77
5.7 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 2	83
5.8 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีต่างๆ	83
5.9 ผลการคำนวณอนุภูมิ (F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 2	84
5.10 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 3	86
5.11 ผลการคำนวณอนุภูมิ (F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 3.....	87
5.12 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 4.....	89
5.13 ผลการคำนวณอนุภูมิ (F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 4.....	90
5.14 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 5.....	92
5.15 ผลการคำนวณอนุภูมิ(F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 5.....	93
5.16 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 6.....	95
5.17 ผลการคำนวณอนุภูมิ(F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 6.....	96
5.18 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 7.....	98
5.19 ผลการคำนวณอนุภูมิ(F) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 7.....	99

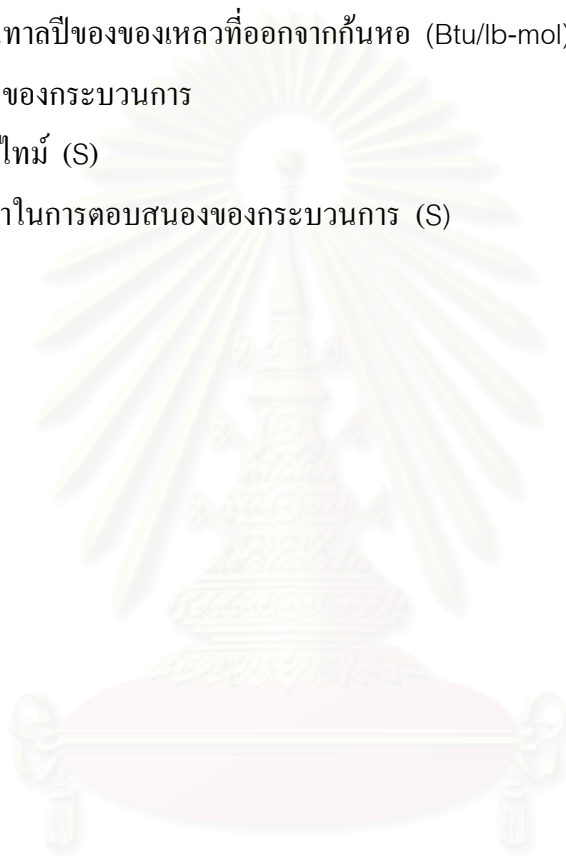
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

ความหมายของตัวแปร

Z_i	องค์ประกอบของสารป้อน (เศษส่วนโมล)
x_i	องค์ประกอบของมวลสารในระบบ (เศษส่วนโมล)
M	มวลสารในระบบ (lb-mol)
F	อัตราการไหล (lb-mol/h)
M_i^{gen}	อัตราการสร้างองค์ประกอบ i ในระบบ (lb-mol/h)
M_i^{con}	อัตราการใช้อัตราองค์ประกอบ i ในระบบ (lb-mol/h)
E	พลังงานทั้งหมด (Specific total energy Btu/lb-mol)
Q	ความร้อนที่ให้กับระบบ (Btu/h)
W	งานที่ทำโดยระบบ (Btu/h)
U	พลังงานภายใน (Specific internal energy Btu/lb-mol)
PE	พลังงานศักย์ (Specific potential energy Btu/lb-mol)
KE	พลังงานจลน์ (Specific kinetic energy Btu/lb-mol)
H	ค่าเอนทาลปี (Enthalpy Btu/lb-mol)
PV	งานของความดัน-ปริมาตร (Pressure-Volume work Btu/lb-mol)
M_n	โพลีเมอร์ของของเหลวบนเทอร์ย์ที่ n
L_n	อัตราการไหลของของเหลวที่ออกจากเทอร์ย์ n
V_n	อัตราการไหลของไอที่ออกจากเทอร์ย์ n
F_n	อัตราการไหลของสารป้อนที่เข้าเทอร์ย์ n
$x_{i,n}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวที่ไหลออกจากเทอร์ย์ n
$y_{i,n}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสไอที่ไหลออกจากเทอร์ย์ n
$Z_{i,n}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในสารป้อนที่เข้าเทอร์ย์ n
h_n^L	เอนทาลปีของของเหลวที่เทอร์ย์ที่ n
h_n^V	เอนทาลปีของไอที่เทอร์ย์ที่ n
h_n^F	เอนทาลปีของสารป้อนที่เทอร์ย์ที่ n
M_b	โพลีเมอร์ของของเหลวในฐานหอกถัน
L_1	อัตราการไหลของของเหลวจากเทอร์ย์ที่ 1 ไปยังฐานหอกถัน

V_b	อัตราการไหลของไอลจากหม้อต้มเข้าไปยังเทอร์รี่ที่ 1
B	อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอ
$x_{i,b}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในผลิตภัณฑ์ก้นหอ
$x_{i,1}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวที่เทอร์รี่ 1
$y_{i,b}$	เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสไอในฐานหอกลั่น
h_b^L	เอนทาลปีของของเหลวในผลิตภัณฑ์ก้นหอ
h_1^L	เอนทาลปีของของเหลวในเทอร์รี่ที่ 1
h_b^V	เอนทาลปีของไอในฐานหอกลั่น
Q_r	อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ
Q_c	ความร้อนที่ออกจากเครื่องควบแน่น
L_n	อัตราที่ของเหลวไหลออกจากเทอร์รี่ที่ n
C	ค่าคงที่ของสมการ
ρ_n^l	ความหนาแน่นของของเหลวบนเทอร์รี่ที่ n
W_{len}	ความยาวฝาย (Weir length)
H_{ow}	ระดับของของเหลวที่ท่วมฝาย (Height above weir)
P_T	ความดันรวม
A_i, B_i, C_i	ค่าคงที่จำเพาะของแต่ละสาร
$p_{n,A}$	ความดันย่อยในชั้นไอขององค์ประกอบ A ที่เทอร์รี่ที่ n
$P_{n,A}$	ความดันไอของของเหลวบริสุทธิ์ A ที่เทอร์รี่ที่ n
$K_{n,A}$	อัตราส่วนสมดุลขององค์ประกอบ A ที่เทอร์รี่ที่ n
T	อุณหภูมิ ($^{\circ}F$)
a_j, b_j, c_j	เป็นสัมประสิทธิ์สำหรับการหาเอนทาลปีของของเหลว
A_j, B_j, C_j	เป็นสัมประสิทธิ์สำหรับการหาเอนทาลปีของไอ
V_{NT}	อัตราการไหลไอที่ออกจากชั้นบนสุดของหอกลั่น (lb-mol/l)
L_{NT+1}	อัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (lb-mol/l)
D	Liquid Distillate product flow rate
$y_{NT,J}$	เศษส่วนโมลของ J ในไอที่ออกจากชั้นบนสุดของหอกลั่น
$x_{NT+1,J}$	เศษส่วนโมลของ J ในของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอ
$x_{D,J}$	เศษส่วนโมลของ A ในผลิตภัณฑ์ยอดหอ
h_C	เอนทาลปีของไอที่ออกจากชั้นบนสุดของหอกลั่น (Btu/lb-mol)

h_D	เอนทาลปีของของเหลวในถังรีฟลักซ์ (Btu/lb-mol)
$x_{1,J}$	เศษส่วนโมลของ J ในของเหลวที่เทรย์ที่ n
$y_{B,J}$	เศษส่วนโมลของ J ในไอที่ออกจากก้นหอ
$x_{B,J}$	เศษส่วนโมลของ J ในผลิตภัณฑ์ก้นหอ
h_1	เอนทาลปีของของเหลวในเทรย์ที่ 1 (Btu/lb-mol)
H_B	เอนทาลปีของไอที่ออกจากก้นหอ (Btu/lb-mol)
h_B	เอนทาลปีของของเหลวที่ออกจากก้นหอ (Btu/lb-mol)
K_P	แกนของกระบวนการ
L_P	เดดไทม์ (S)
τ_P	เวลาในการตอบสนองของกระบวนการ (S)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนในการควบคุมกระบวนการมากขึ้น ซึ่งการควบคุมกระบวนการโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้นมีหลายระบบ ระบบควบคุม แบบกระจายส่วนหรือดีซีเอส เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และอุตสาหกรรมขนาดกลาง เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร ฯลฯ

ในการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการให้กับโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ผู้ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมมักจะประสบปัญหาในเรื่องการทดสอบ และตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Debug) ซึ่งในการทดสอบโปรแกรมควบคุมนั้นจะต้องมีการจำลองกระบวนการเพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่เป็นตัวแปรในกระบวนการ (Process Variable) ให้กับตัวควบคุม แต่ในการทำงานจริงขณะนี้ไม่ได้มีการเขียนโปรแกรมแบบจำลองกระบวนการเพื่อเป็นตัวแทนของกระบวนการให้กับโปรแกรมควบคุม มีเพียงการใช้โปรแกรมทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Test Function) ของโปรแกรมการควบคุมมาเป็นวงรูปปิดเท่านั้น ดังนั้นเมื่อนำโปรแกรมการควบคุมที่ได้ออกแบบและทดสอบมาอย่างดีแล้วนั้นไปใช้กับกระบวนการจริง จึงมักจะมีปัญหาที่ได้คาดการณ์ไว้ก่อนเกิดขึ้นทำให้ต้องเสียเวลาในการตรวจสอบโปรแกรมตั้งแต่ต้นจนกว่าจะแก้ปัญหาได้ต้องใช้เวลานาน

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งหวังว่า การเขียนโปรแกรมแบบจำลองกระบวนการของ หอกลับเพื่อส่งสัญญาณให้กับตัวควบคุมในระบบดีซีเอสนี้จะเป็นอย่างโครงการนำร่อง เพื่อใช้เป็นขั้นตอนหนึ่งในการออกแบบ และเขียนโปรแกรมการควบคุมกระบวนการ ทั้งนี้ยังเสนอโปรแกรม การเลียนแบบ (Simulation) กระบวนการของหอกลับเพื่อใช้ในการฝึกอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการควบคุมกระบวนการ ได้ศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ และพฤติกรรมของกระบวนการ พร้อมๆกับการศึกษาระบบการควบคุมอัตโนมัติด้วยโครงสร้างของระบบดีซีเอสได้ชัดเจนขึ้น และสามารถปฏิบัติการทำงานในห้องควบคุมได้

1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

มีบทความที่ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์การควบคุมกระบวนการกลั่นแบบการใช้ความร้อนร่วมกัน (heat – integrated) และการควบคุมกระบวนการกลั่นที่หอกลิ้น 2 หอ (double-effect)

double-effect distillation คือ หอกลิ้นที่มีการนำความร้อนแฝงจากส่วนดิสทิลเลตที่ออกจากส่วนควบแน่น เช่น หอกลิ้นที่มีความดันสูงๆ มาให้ความร้อนแก่หอกลิ้นที่มีความดันต่ำๆ

Tyres และ Luyben (1976) เป็นคู่แรกที่ศึกษาการควบคุมปัญหาที่เกิดในระบบการกลั่นที่หอกลิ้น 2 หอ (double-effect) ในสถานการณ์จำลองแบบการเคลื่อนที่ของการแยกโพรพิลีน-โพรเพน เนื่องจากระบบการกลั่นที่มีหอกลิ้น 2 หอ (double-effect) ส่วนแถวความดันสูงจะไม่มีเครื่องควบแน่น และส่วนของแถวความดันต่ำจะไม่มีหม้อต้มซ้ำ พบว่าการนำเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำมาใช้ (เรียกว่า auxiliary equipment) มาใช้ในกระบวนการผลิต จะทำให้การควบคุมระบบทำได้ ดีขึ้น แต่ไม่มีข้อมูลของการวิเคราะห์ และรายละเอียดของการทำแบบจำลอง

Lenhoff และ Morari (1982) ศึกษาการกลั่นแบบมีหอกลิ้น 2 หอ (double-effect) ที่มีการจัดเรียง รูปแบบต่างๆกัน 3 แบบ สำหรับแยกเมทานอลกับน้ำ (methanol – water) โดยจะใช้เครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ (auxiliary equipment) ประกอบด้วย การสมมุติให้พลวัตของการไหล เกิดเร็วกว่าพลวัตของ องค์ประกอบ, ของเหลวที่สะสมในแต่ละเทรย์ มีค่าคงที่ และหอกลิ้นความดันสูงใช้ความดัน 6.89 บาร์ หอกลิ้นความดันต่ำใช้ความดัน 1.013 บาร์

พบว่าการแยกสายของสารป้อนในการกลั่นของหอกลิ้น 2 หอ (double-effect distillation) จะทำให้การควบคุมกระบวนการของหอกลิ้นทำไม่ได้หรือควบคุมได้ไม่ดีในทุกๆกรณี นอกจากนี้ยังพบว่าพบว่าการนำเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ (auxiliary equipment) ไม่มีผลที่ทำให้ประสิทธิภาพของการควบคุมหอกลิ้นได้ดีขึ้น

Freyetal. (1984) ศึกษากระบวนการกลั่นแบบหอกลิ้น 2 หอ (double – effect) 2 ระบบ สำหรับการแยกสารป้อนผสม (Feed Mixture) ที่ไม่มีเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ (auxiliary equipment) โดยไม่คิดแบบจำลองเชิงพลวัตของของเหลวที่เกิดขึ้น และความดันภายในหอกลิ้น โดยศึกษาการควบคุม เป็น 4 กรณีของ สารผลิตภัณฑ์ที่มี 4 องค์ประกอบ นำมาเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์แบบสถานะคงตัว RGA (steady-state RGA)

Perkins และ Wong (1985) ได้ทำการจำลองการทดลองของ Lenhoff และ Morari ทั้ง 3 แบบโดยใช้แบบที่มีการแบ่งส่วน (compartmental models, Howell, 1984) จะใช้ค่า

RHPZ และความถี่เป็นตัวควบคุม พบว่าการแบ่งสายป้อนของระบบการกลั่นของหอกลั่น 2 หอ (double-effect distillation) จะทำให้ การควบคุมแย่งลง

Al-Elg และ Palazoglu (1980) ศึกษาการควบคุมและการจำลองการกลั่นแยก เมทานอลและน้ำ แบบหอกลั่น 2 หอ (double – effect) โดยที่มีการแยกสายป้อน หอกลั่นความดันสูงใช้ ความดัน 6.89 บาร์ หอกลั่นความดันต่ำใช้ความดันที่บรรยากาศ ไม่มีเครื่องควบแน่น และหม้อต้มซ้ำ (auxiliary equipment) ไม่มีการคิดผลของโวลุ่มของไอ (vapour holdups) และ ความร้อนที่สูญเสียให้สิ่งแวดล้อม ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างของเหลวและไอ และไม่คิด ความดันตกภายในหอกลั่น ให้การถ่ายเทความร้อนระหว่าง 2 หอ ไม่ใช่แบบจำลองแบบละเอียด เฉพาะผลของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าที่ต้องการ โดยที่ผลของการ ตอบสนองจะเป็นแบบกระบวนการอันดับหนึ่งที่มีเดดไทม์ (First-order lags plus deadtime)

Chiang และ Luyben (1988) ได้เปรียบเทียบพลวัตของการกลั่นแบบหอกลั่น 2 หอ (double – effect) ของการแยกสารผสมเมทานอลกับน้ำ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ โดยมีการแยก สารป้อนให้ความดันในหอกลั่นความดันสูงเป็น 5.2 บาร์ และในหอกลั่นความดันต่ำ เป็น 1 บาร์ ไม่มีเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ (auxiliary equipment) ไม่มีแบบจำลองในการ ถ่ายเทความร้อนในร่วมกัน (integrating heat-exchanger) และยังคงพบว่าการแยกสารป้อนมีผล ต่อการควบคุมระบบมากที่สุด (ควบคุมยาก)

Ding และ Luyben (1990) ได้ออกแบบการควบคุมกระบวนการกลั่นแบบ SISO (Single Input Single Output) ในหลายๆ กรณี สำหรับสารที่มีความบริสุทธิ์ต่ำและสารที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยใช้ การกลั่นแบบหอกลั่น 2 หอ (double-effect distillation) ในระบบ แยก เบนซีน โทลูอีน ไซลีน (benzene-toluene-xylene) ซึ่งได้ผลแตกต่างจากกรณีศึกษาที่ผ่านมา มีการใช้เครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ ในหอที่มีความดันต่ำ พบว่าในกรณีที่สารป้อนมีความ บริสุทธิ์สูง องค์ประกอบของสายป้อนมีผลรบกวนระบบน้อย

Luyben และ Floudas (1994) ได้ศึกษาโดยนำเอาอัลกอริทึม MINLP มาใช้ในการ ออกแบบการกลั่นแบบหอกลั่น 2 หอ (double-effect) โดยการวัดความสามารถในการควบคุม เป็นตัวแปรสำหรับการออกแบบ ใช้ เครื่องควบแน่น (auxiliary condenser) ในหอกลั่นที่ความดันสูง และหม้อต้มซ้ำ (auxiliary reboiler) ในหอกลั่นที่ความดันต่ำ ค่าเกนของกระบวนการที่ สภาวะคงตัว (steady-state process gain) ได้มาจากการวิเคราะห์สมการแบบย่อ การถ่ายเท ความร้อนไม่มีแบบจำลองอย่างละเอียด และไม่ได้ออกแบบจำลองแบบพลวัต มีการประเมิน ระหว่างราคากับความสามารถในการควบคุม โดยใช้เทคนิคมัลติอ็อบเจ็คทีฟ ออพติไมเซชัน (multiobject optimization) เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างราคากับจำนวนของสภาวะ

Pohlmeier และ Rix เป็นกลุ่มแรกที่ศึกษาการออกแบบตัวควบคุมของระบบการกลั่นแบบหอกกลั่น 2 หอ (double – effect) พวกเขาศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์แบบอาร์จีเอ (RGA) พบว่าทิศทางหรือตำแหน่งของ การป้อนสาร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าการออกแบบคอลัมน์ (เช่นจำนวนของเทรย์) มีผลต่อการควบคุมอย่างมาก แบบจำลองที่ได้เป็นแบบที่ ค่อนข้างง่าย เนื่องจากการไม่มีการคิดพลวัตของสมดุล พลังงาน และพลวัตที่เกิดขึ้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) สำหรับหอกกลั่น 2 หอ ที่มีการใช้พลังงานร่วมกัน (double-effect integration)

จากการศึกษาที่กล่าวมาแล้ว นั้นจะไม่มีตัวแปร เช่น ความดัน ไฮดรอลิก (hydraulics), โฮลอัฟของของเหลว (liquid holdup) และ การถ่ายเทความร้อน (heat-transfer) มาใช้ในแบบจำลอง ซึ่งประสิทธิภาพทางอุตสาหกรรม พบว่าตัวแปรเหล่านั้นจะมีผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ ในการทำแบบจำลอง เริ่มต้นจะต้องทำแบบจำลองแบบง่ายๆ นี้ อาจจะทำให้ได้ผลไม่ถูกต้อง หรือคลาดเคลื่อนได้

ตัวอย่าง เช่น การไม่คิดผลทางพลวัตของความดัน ที่มีผลต่อการแยกจะทำให้ได้ผลคลาดเคลื่อนได้ ดังแสดงในการทดลองของ Koggersbol และ Jorgensen (1994) ดังนั้น การตั้งสมมติฐานที่ถูกต้อง และการทำแบบจำลองกระบวนการจะเป็นสิ่งที่สำคัญมาก จากผลงานตีพิมพ์ฉบับล่าสุดของ Mandleretal (1989), Vesteretal (1992), Van Dijketal (1994), Brulletal (1994), Grossetal (1994) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูง จะทำให้ได้ผลที่เป็นประโยชน์และได้ข้อมูลที่เป็นจริงต่อระบบอุตสาหกรรม บางครั้งรายละเอียดของการก่อสร้างการประกอบการทำงานเครื่องมืออุปกรณ์ มีต่อพลวัตของกระบวนการอย่างมาก แต่การทำแบบจำลองเชิงพลวัตที่มีความซับซ้อนอย่างละเอียดนั้นจะทำให้ยากต่อการออกแบบและควบคุม

แต่ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมแบบจำลองหอกกลั่นที่ต่อเชื่อมกับการควบคุมกระบวนการด้วยระบบดีซีเอส ของบริษัท โยโกกาว่า (ประเทศไทย) จำกัด ยังไม่ได้มีการวิจัย ดังนั้นในงานวิจัยนี้อาจมีข้อที่จะต้องมีการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นอีกในอนาคต

1.3 มุลเหตุจูงใจ

เนื่องจากระบบควบคุมกระบวนการด้วยโครงสร้างดีซีเอส มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และขนาดกลาง แต่บุคลากรที่มีความเข้าใจสามารถมองภาพรวมของการควบคุมด้วยระบบดีซีเอส และสามารถออกแบบควบคุมกระบวนการได้นั้น ยังมีอยู่น้อย งานวิจัยนี้จะเป็นตัวอย่างในการควบคุมกระบวนการกลั่นด้วยโครงสร้างดีซีเอส ที่ใช้ในการฝึก

อบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการควบคุมกระบวนการได้ศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆ และพฤติกรรมของกระบวนการพร้อมๆกับการศึกษาระบบการควบคุมอัตโนมัติด้วยโครงสร้างของระบบดีซีเอสได้ชัดเจนขึ้น และสามารถปฏิบัติการทำงานในห้องควบคุมได้ดีขึ้น

การกลั่นเป็นกระบวนการที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดในภาคอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ทั้งที่มีอยู่ในปัจจุบันและที่กำลังเกิดใหม่ในอนาคต การสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้โครงสร้างที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ย่อมเป็นสิ่งที่ยังปรารถนา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเป็นตัวอย่างการออกแบบโปรแกรมของระบบดีซีเอส เพื่อควบคุมกระบวนการกลั่นที่เหมาะสมให้กับผู้ที่สนใจต้องการศึกษาเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมควบคุมกระบวนการด้วยระบบดีซีเอส อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อสร้างโปรแกรมการเลียนแบบเชิงพลวัตของหอกกลั่นและการควบคุมกระบวนการในระบบดีซีเอส (CENTUM CS3000 SYSTEM)

1.4.2 เพื่ออธิบายรูปแบบโครงสร้างและหน้าที่ของการควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติด้วยระบบดีซีเอส (CENTUM CS3000 SYSTEM)

1.4.3 เพื่อเป็นโปรแกรมตัวอย่างในการฝึกรอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการควบคุมกระบวนการด้วยระบบดีซีเอส ได้ทดลองปฏิบัติการเพื่อเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับการควบคุมหอกกลั่นด้วยโครงสร้างแบบดีซีเอสดีขึ้น

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1.5.1 ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะยกตัวอย่างระบบควบคุมแบบ ดีซีเอสในรุ่น CENTUM CS3000 ซึ่งเป็นระบบ ดีซีเอส ของบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

1.5.2 สร้างโปรแกรมจำลองเชิงพลวัตของหอกกลั่น 2 หอ ซึ่งมีการใช้ความร้อนร่วมกัน (Heat Integration)

ก. หอกกลั่นเป็นแบบเทอร์ย์ และ จำนวนเทอร์ย์ในแต่ละหอไม่เกิน 50 เทร์ย์

ข. หอกกลั่น 2 หอต่อขนานกันมี Heat Integration ระหว่าง หอกกลั่นทั้งสองหอ

- ค. หอกลับแต่ละหอกมีสารป้อนเข้า 1 สาย และสายผลิตภัณฑ์ 2 สาย
- ง. สารผสมที่ใช้ป้อนเป็นระบบหลายองค์ประกอบ มีการป้อนสารไม่เกิน 10 สาร
- จ. ของเหลวมีเฟสเดียว
- ฉ. เครื่องควบคุมแน่นเป็นแบบทั้งหมด
- ช. หม้อต้มฆ่าเป็นแบบผู้ใช้กำหนดค่าความร้อน
- ซ. ความดันคงที่หรือความดันลดของแต่ละเทอร์ยงค์ที่

1.5.3 เขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการด้วยโครงสร้างของระบบดีซีเอส

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการควบคุมอัตโนมัติ ได้รู้จักขั้นตอนการทำงานของ การสร้างโปรแกรมการควบคุมกระบวนการด้วยรูปแบบโครงสร้างของระบบดีซีเอส

1.6.2 เขียนโปรแกรมสร้างแบบจำลองกระบวนการกลั่นและเขียนโปรแกรมการควบคุม กระบวนการเพื่อให้ได้สถานะเป็นไปตามความต้องการ

1.6.3 เพื่อเป็นโปรแกรมการควบคุมกระบวนการตัวอย่างให้กับผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับ การควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติ (Automatic Process Control) ได้ใช้ปฏิบัติการ (Operate) เพื่อเสริมความเข้าใจทางทฤษฎีเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการแบบอัตโนมัติ

1.6.4 เพื่อเป็นโครงการนำร่องให้กับบริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด ที่จะ พัฒนา การเขียน โปรแกรมการเขียนแบบกระบวนการของลูกค้าเพื่อนำค่าตัวแปรกระบวนการเป็น สัญญาณมาต่อเชื่อมกับสัญญาณควบคุมด้วยระบบดีซีเอส เพื่อใช้ในการฝึกอบรมลูกค้าและผลิต เป็นผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ขายให้ลูกค้าได้

1.7 เนื้อหาวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท

บทที่ 1. บทนำ กล่าวถึงคำนำ งานวิจัยที่ผ่านมา มูลเหตุจูงใจ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และเนื้อหาวิทยานิพนธ์

บทที่ 2. กล่าวถึง ทฤษฎีในการกลั่นแยกสาร โครงสร้างของหอกลั่น ชนิดของหอกลั่น และ ชนิดของการเลียนแบบกระบวนการรวมถึงแบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น

บทที่ 3. กล่าวถึง ความหมายของระบบควบคุมแบบดีซีเอส ส่วนประกอบของระบบควบคุมกระบวนการด้วยระบบดีซีเอสและขั้นตอนการเขียนคู่มือควบคุมในระบบ CENTUM CS3000

บทที่ 4. กล่าวถึง ส่วนของโปรแกรมการเลียนแบบเช่น ข้อมูลที่ใช้ในการรันโปรแกรมเลียนแบบ โครงสร้างโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการและการควบคุม รวมถึงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 5. กล่าวถึง ผลการเลียนแบบเชิงพลวัตของหอกลั่น ประกอบด้วยขั้นตอนการใช้งานของโปรแกรมการเลียนแบบหอกลั่นในระบบดีซีเอส ผลการรันโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรมแบบจำลองในหนังสือ Process Modelling, Simulation, and Control for Chemical Engineers. และ เปรียบเทียบผลการรันโปรแกรมกับโปรแกรมโปรตุ (Pro II) ในกรณีต่างๆ ที่ภาวะเดียวกัน นอกจากนี้ยังกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลและตัวอย่างการรันโปรแกรมในกรณีที่มีการควบคุม (วงลูปปิด)

บทที่ 6. กล่าวถึง การสรุปผล ปัญหา ข้อจำกัดของโปรแกรมและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีของการกลั่นและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอกลั่น

2.1 บทนำ

การกลั่นเป็นกระบวนการแยกสารที่ต้องการออกจากสารผสมที่มีส่วนผสมตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงขึ้น การแยกสารด้วยการกลั่นนี้อาศัยความแตกต่างของจุดเดือด และค่าการระเหย (Volatility) ของสารแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบในสารผสมนั้น

การออกแบบหอกลั่น ไม่เพียงแต่จะคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ในราคาที่ถูกที่สุดแล้ว ยังคำนึงถึงความคงที่ของความสามารถของการปฏิบัติการ ดังนั้นในหอกลั่นมักจะมีการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆภายในหอกลั่น

โครงสร้างหอกลั่นแบบง่าย ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องควบแน่น (Condenser) ถังรองรับของเหลวอดหอ (Reflux Accumulator) และหม้อต้มซ้ำ (Reboiler) เพื่อป้อนสารผสมเข้าทางเทรย์ของหอกลั่น สารผสมจะไหลลงจากเทรย์ป้อนลงมายังเทรย์ล่าง และจะได้รับพลังงานความร้อนจากหม้อต้มซ้ำที่มีไอร้อนไหลสวนทางขึ้นมา ทำให้สารผสมกลายเป็นไอ ไอและของเหลวจะถ่ายเทความร้อน และถ่ายเทมวลสารกันบนเทรย์ สารระเหยง่ายในของเหลวจะระเหยออกมา ส่วนสารหนักในไอก็จะควบแน่นลงมาในชั้นของเหลว ซึ่งจะทำให้ไอสารบริสุทธิ์มากขึ้น ส่วนของเหลวจะไหลลงมายังด้านล่างของหอกลั่นแล้วไหลเข้าไปในหม้อต้มซ้ำ ภายในหม้อต้มซ้ำของเหลวจะได้รับความร้อนทำให้บางส่วนกลายเป็นไอกลับเข้าไปในหอกลั่นของเหลวที่เหลือจะถูกนำออกจากหอกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ก้นหอ (Bottom Product) ซึ่งจะมีองค์ประกอบหลักเป็นสารหนักที่ระเหยยาก ตำแหน่งจากเทรย์ป้อนถึงหม้อต้มซ้ำจะเป็นส่วนที่ระเหยง่ายส่วนใหญ่ถูกไล่ออกจากของเหลว ของเหลวจะมีสารหนักมากขึ้นเรื่อยๆตามชั้นที่ไหลลงมา และมากที่สุดที่หม้อต้มซ้ำ ส่วนนี้เรียกว่า ส่วนไล่สารระเหย (Stripping Section) ส่วนจากเหนือเทรย์ป้อนขึ้นไป สารหนักส่วนใหญ่จะถูกควบแน่นออกจากไอทำให้ไอบริสุทธิ์มากขึ้นเรื่อยๆ ส่วนนี้เรียกว่า ส่วนเพิ่มความเข้มข้น (Enriching Section) ไอทั้งหมดจะถูกควบแน่นเป็นของเหลวภายในเครื่องควบแน่น ที่ยอดหอของเหลวบางส่วนจะถูกนำกลับเข้าไปในหอกลั่น เรียกว่ารีฟลักซ์ (Reflux) ของเหลวที่เหลือถูกนำออกจากหอเป็นผลิตภัณฑ์ดิสทิลเลต (Distillate Product)

2.2 ชนิดของหอกลั่น (Distillation Column)

หอกลั่นสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดาและซับซ้อน หอกลั่นแบบธรรมดาจะมีสายป้อน สายผลิตภัณฑ์ยอดหอ และสายผลิตภัณฑ์ก้นหออย่างละหนึ่งสาย ซึ่งหอกลั่นแบบ ซับซ้อนจะมีสายป้อนหลายสาย รวมทั้งมีสายผลิตภัณฑ์ออกด้าน การแบ่งชนิดของหอกลั่นยังสามารถพิจารณาตามจำนวนองค์ประกอบของสายป้อน เช่นระบบสององค์ประกอบ หรือ ระบบหลายองค์ประกอบ หอกลั่นแบบซับซ้อน เช่นหอกลั่นน้ำมันดิบซึ่งประกอบด้วยหลายๆองค์ประกอบ และแยกเป็นสายผลิตภัณฑ์ 4 หรือ 8 สาย ในเทอมของการเลียนแบบ ไม่นิยมใช้กับระบบที่มีความซับซ้อนมากๆ เนื่องจากระบบจะประกอบด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยาก และใช้เวลามากในการแก้สมการ ชนิดของหอกลั่นอื่นๆนอกจากนี้ เช่น หอกลั่นแบบแบทช์ (Batch) หรือ แบบต่อเนื่อง หอกลั่นแบบแพค (Packed) หรือแบบเทรย์ (Tray) หอกลั่นแบบสก๊อต หรือหอกลั่นแบบที่มีการเกิดปฏิกิริยาภายในหอ ในงานวิจัยนี้พิจารณาหอกลั่นแบบต่อเนื่องที่มีลักษณะเป็นขั้นเท่านั้น

2.3 ชนิดของการเลียนแบบกระบวนการ (Process Simulation)

การเลียนแบบหอกลั่นมี 2 แบบ คือแบบสถานะคงตัว และพลวัต การเลียนแบบกระบวนการแบบสถานะคงตัวจะไม่ขึ้นกับเวลา โดยทั่วไปใช้ในการออกแบบ และศึกษากระบวนการ หรือ อาจใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เช่นการถ่ายโอนความร้อนจากหน่วยหนึ่งไปอีก หน่วยหนึ่งโดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หรือใช้ในการควบคุมมลภาวะที่เกิดขึ้น

การเลียนแบบกระบวนการแบบพลวัตจะมีความแตกต่างจากแบบสถานะคงตัว คือใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านการควบคุมหอกลั่น และจะขึ้นกับเวลา โรงงานอุตสาหกรรมจะใช้นการเลียนแบบกระบวนการแบบสถานะคงตัวในงานที่ทำเป็นประจำ ส่วนการเลียนแบบกระบวนการแบบพลวัตจะใช้เป็นเครื่องมือในกรณีพิเศษออกไป

2.4 แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น (Dynamics Modeling of Distillation)

ในบทนี้จะแสดงถึงแบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น เพื่อใช้ศึกษาและออกแบบการควบคุมองค์ประกอบของหอกลั่น ซึ่งจะต้องพัฒนาแบบจำลองเทรย์ต่อเทรย์ (Tray-by-tray model) ร่วมกับสมดุลของไอและของเหลว (Vapor-Liquid Equilibrium VLE)

แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น สามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆของกระบวนการ อย่างไรก็ตามในกระบวนการกลั่นที่มีความซับซ้อน อาจจะไม่สามารถเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน ดังนั้น จึงต้องมีการตั้งสมมติฐานเพื่อกำหนดพฤติกรรมบางอย่างของกระบวนการกลั่น

คือ ของเหลวที่อยู่บนเทอร์ย์ผสมกันอย่างสมบูรณ์ และเป็นของเหลวที่ไม่สามารถอัดตัวได้ แต่ละเทอร์ย์ภายในหอกลับอยู่ในสถานะสมดุลทางอุณหพลศาสตร์ ของเหลวและไอที่อยู่บนเทอร์ย์อยู่ในภาวะสมดุลทางความร้อนซึ่งกันและกัน แต่ไม่สมดุลเฟสหรือเป็นสภาวะไม่อุดมคติ ไม่มีการไหลของไอ ไม่สนใจการเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปีเฉพาะ และค่าความดันลดของเทอร์ย์มีค่าคงที่ แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลับสามารถแสดงได้ ดังนี้

2.4.1 สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations)

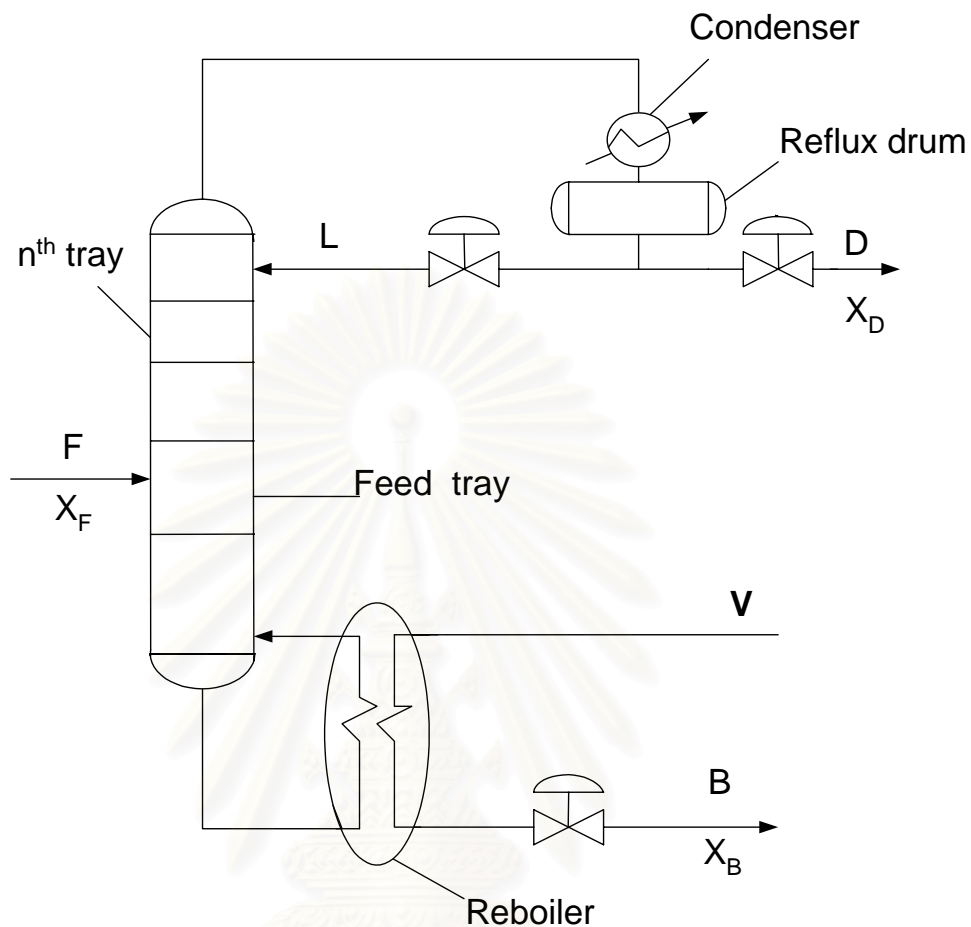
ในการศึกษาถึงแบบจำลอง เราจะไม่พยายามศึกษาถึงรายละเอียดของแบบจำลอง ซึ่งเราไม่ต้องการใช้ในการแก้ปัญหา

การพัฒนาแบบจำลองเชิงพลวัต จะเริ่มต้นด้วยการเขียนสมการของความต่อเนื่องเชิงพลวัตของมวลสาร และพลังงานสำหรับแต่ละหน่วย ซึ่งมวลสารหรือพลังงานสามารถสะสมได้ (Accumulate) ในกระบวนการของหอกลับ จะพัฒนาสมการความต่อเนื่องของเทอร์ย์, เครื่องควบแน่น, ถังเก็บรีฟลักซ์, ฐานหอกลับ และหม้อต้มน้ำ

หลักการของสมการความต่อเนื่อง คือ

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \text{อัตราการสะสมของ} \\ \text{มวลสาร(พลังงาน)} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{มวลสาร(พลังงาน)ที่} \\ \text{ไหลเข้าระบบ} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{มวลสาร(พลังงาน)ที่} \\ \text{ไหลออกจากระบบ} \end{array} \right) \\ &+ \left(\begin{array}{c} \text{มวลสาร(พลังงาน)ที่} \\ \text{สร้างขึ้นภายในระบบ} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{มวลสาร(พลังงาน)ที่} \\ \text{ใช้ภายในระบบ} \end{array} \right) \end{aligned}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น

จะสามารถเขียนคุณมวลสารขององค์ประกอบ และดุลพลังงานได้ดังนี้

$$\frac{dx_i M}{dt} = z_i^{\text{in}} F^{\text{in}} + x_i F_j^{\text{out}} + M_i^{\text{gen}} + M_i^{\text{con}} \quad (2.1)$$

โดยที่ z_i คือ องค์ประกอบของสารป้อน (เศษส่วนโมล)

x_i คือ องค์ประกอบของมวลสารในระบบ (เศษส่วนโมล)

M คือ มวลสารในระบบ (lb-mol)

F คือ อัตราการไหล (lb-mol/h)

M_i^{gen} คือ อัตราการสร้างองค์ประกอบ i ในระบบ (lb-mol/h)

M_i^{con} คือ อัตราการใช้องค์ประกอบ i ในระบบ (lb-mol/h)

เมื่อไม่พิจารณาถึงการเกิดปฏิกิริยากันของสารในหอกถัน ดังนั้นจึงไม่มีเทอมของการสร้างและเทอมการใช้ขององค์ประกอบ i ในหอกถัน

สมการดุลพลังงาน

$$\frac{d(E^{\text{out}}M)}{dt} = E^{\text{in}}F^{\text{in}} + E^{\text{out}}F_j^{\text{out}} + Q + W \quad (2.2)$$

$$E = U + PE + KE \quad (2.3)$$

$$U = H + PV \quad (2.4)$$

โดยที่ E คือ พลังงานทั้งหมด (Specific total energy Btu/lb-mol)

Q คือ ความร้อนที่ให้กับระบบ (Btu/h)

W คือ งานที่ทำโดยระบบ (Btu/h)

U คือ พลังงานภายใน (Specific internal energy Btu/lb-mol)

PE คือ พลังงานศักย์ (Specific potential energy Btu/lb-mol)

KE คือ พลังงานจลน์ (Specific kinetic energy Btu/lb-mol)

H คือ ค่าเอนทาลปี (Enthalpy Btu/lb-mol)

PV คือ งานของความดัน-ปริมาตร (Pressure-Volume work Btu/lb-mol)

เทอม PE , KE และ PV เราสามารถตัดทิ้งได้ และในระบบนี้เราไม่พิจารณาการอัดตัวของไอ ดังนั้นเทอมดุลพลังงานที่ได้จะอยู่ในเทอมของเอนทาลปี

$$\frac{d(H^{\text{out}}M)}{dt} = H^{\text{in}}F^{\text{in}} - H^{\text{out}}F_j^{\text{out}} + Q \quad (2.5)$$

การแก้สมการดิฟเฟอเรนเชียล ใช้การอินทิเกรตไปข้างหน้า (Integrating forward in time)

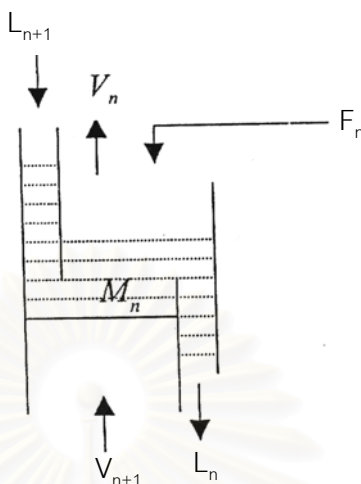
การกระจายเทอมดิฟวิทีฟใช้สมการของออยเลอร์ (Euler Method)

$$x_{t+\Delta t} = x_t + \left[\frac{dx}{dt} \right] \Delta t \quad (2.6)$$

โดยที่ $x(t=0) = x_0$

สมการความต่อเนื่องเชิงพลวัตของหน่วยต่างๆในหอกลั่นมีดังนี้

ก. เทอร์รี่ที่ n



รูปที่ 2.2 แบบจำลองของเทอร์รี่ที่ n

สมการดุลมวลสารรอบเทอร์รี่ที่ n ในรูปที่ 2.2 เท่ากับ

$$\frac{d(M_n)}{dt} = L_{n+1} + V_{n-1} - L_n - V_n + F_n \quad (2.7)$$

โดยที่ M_n คือ โฮลด์อัฟของของเหลวบนเทอร์รี่ n

L_n คือ อัตราการไหลของของเหลวที่ออกจากเทอร์รี่ n

V_n คือ อัตราการไหลของไอที่ออกจากเทอร์รี่ n

F_n คือ อัตราการไหลของสารป้อนที่เข้าเทอร์รี่ n

สมการดุลมวลสารขององค์ประกอบ i เท่ากับ

$$\frac{d(x_{i,n} M_n)}{dt} = x_{i,n+1} L_{n+1} + y_{i,n-1} V_{n-1} - x_{i,n} L_n - y_{i,n} V_n + z_{i,n} F_n \quad (2.8)$$

โดยที่ $x_{i,n}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวที่ไหลออกจากเทอร์รี่ n

$y_{i,n}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสไอที่ไหลออกจากเทอร์รี่ n

$z_{i,n}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในสารป้อนที่เข้าเทอร์รี่ n

สมการดุลพลังงานเท่ากับ

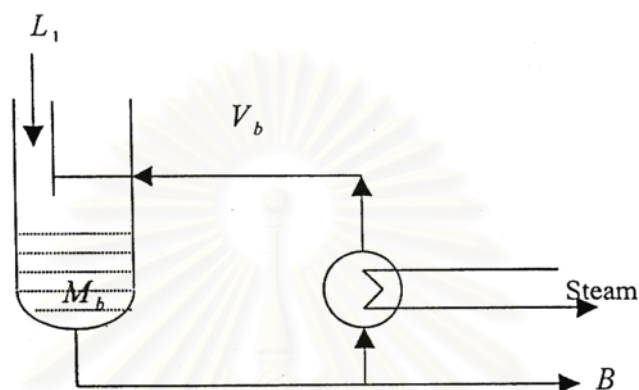
$$\frac{d(h_n^L M_n)}{dt} = h_{n+1}^L L_{n+1} + h_{n-1}^V V_{n-1} - h_n^L L_n - h_n^V V_n + h_n^F F_n \quad (2.9)$$

โดยที่ h_n^L คือ เอนทาลปีของของเหลวที่เทอร์ย์ที่ n

h_n^V คือ เอนทาลปีของไอที่เทอร์ย์ที่ n

h_n^F คือ เอนทาลปีของสารป้อนที่เทอร์ย์ที่ n

ข. หม้อต้มซ้ำ และฐานหอกกลับ



รูปที่ 2.3 แบบจำลองของหม้อต้มซ้ำ และฐานหอกกลับ

สมการดุลมวลสารรอบหม้อต้มซ้ำในรูปที่ 2.3 เท่ากับ

$$\frac{d(M_b)}{dt} = L_1 - V_b - B \quad (2.10)$$

โดยที่ M_b คือ โสลค์อัพของของเหลวในฐานหอกกลับ

L_1 คือ อัตราการไหลของของเหลวจากเทอร์ย์ที่ 1 ไปยังฐานหอกกลับ

V_b คือ อัตราการไหลของไอจากหม้อต้มซ้ำไปยังเทอร์ย์ที่ 1

B คือ อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอ

สมการดุลมวลสารขององค์ประกอบ i เท่ากับ

$$\frac{d(x_{i,b}M_b)}{dt} = x_{i,1}L_1 - y_{i,b}V_b - x_{i,b}B \quad (2.11)$$

โดยที่ $x_{i,b}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในผลิตภัณฑ์ก้นหอ

$x_{i,1}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสของเหลวที่เทอร์ย์ 1

$y_{i,b}$ คือ เศษส่วนโดยโมลขององค์ประกอบ i ในเฟสไอในฐานหอกกลับ

สมการดุลพลัง

$$\frac{d(h_b^L M_b)}{dt} = h_1^L L_1 - h_b^V V_b - h_b^L B + Q_r \quad (2.12)$$

โดยที่ h_b^L คือ เอนทาลปีของของเหลวในผลิตภัณฑ์ก้นหอ

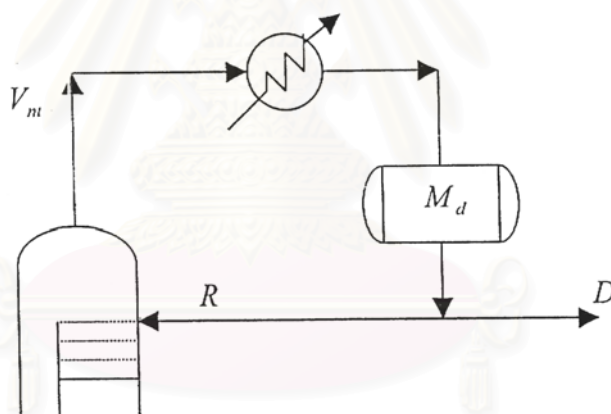
h_1^L คือ เอนทาลปีของของเหลวในทรีย์ที่ 1

h_b^V คือ เอนทาลปีของไอในฐานหอกลั่น

Q_r คือ อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ

ค. เครื่องควบแน่นและถังรีฟลักซ์

ไอที่เข้าเครื่องควบแน่นถือว่าเป็นไออิ่มตัวที่อุณหภูมิจุดเดือด และของเหลวอิ่มตัวออกจากเครื่องควบแน่นที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ถูกดึงออกจากกระบวนการควบแน่นจะเท่ากับพลังงานแฝงของการกลายเป็นไอของสาร และสมมติว่าในถังรีฟลักซ์ไม่มีไอออกมาจากถัง ไม่มีความร้อนที่เข้าและออกจากถังรีฟลักซ์



รูปที่ 2.4 แบบจำลองของเครื่องควบแน่น และถังรีฟลักซ์

สมการดุลมวลสารรอบเครื่องควบแน่นและถังรีฟลักซ์ ในรูปที่ 2.4 เท่ากับ

$$\frac{d(M_d)}{dt} = V_{nt} - R - D \quad (2.13)$$

สมการดุลมวลสารขององค์ประกอบ i เท่ากับ

$$\frac{d(x_{i,b} M_b)}{dt} = y_{i,d} V_{nt} - x_{i,d} (R + D) \quad (2.14)$$

สมการดุลพลังงาน เท่ากับ

$$\frac{d(h_d^L M_d)}{dt} = h_{nt}^V V_{nt} - h_d^L (R + D) - Q_c \quad (2.15)$$

โดยที่ Q_c คือ ความร้อนที่ออกจากเครื่องควบแน่น

2.4.2 ไฮดรอลิกส์ของเทรย์ (Tray hydraulics)

อัตราการไหลของของเหลวจากเทรย์ต่างๆคำนวณได้โดยใช้สมการของ Francis weir ดังนี้

$$L_n = C \rho_n' W_{len} H_{ow}^{1.5} \quad (2.16)$$

โดยที่ L_n คือ อัตราที่ของเหลวไหลออกจากเทรย์ที่ n

C คือ ค่าคงที่ของสมการ

ρ_n' คือ ความหนาแน่นของของเหลวบนเทรย์ที่ n

W_{len} คือ ความยาวฝาย (Weir length)

H_{ow} คือ ระดับของเหลวที่ท่วมฝาย (Height above weir)

สมดุลระหว่างเฟส (Phase equilibrium)

จากกฎของราอูลท์ (Raoult) สำหรับสารอุดมคติ

$$P_{n,A} = P_{n,A} x_{n,A} \quad (2.17)$$

จากกฎของดาลตัน (Dalton) สำหรับก๊าซอุดมคติ

$$P_{n,A} = P_T y_{n,A} \quad (2.18)$$

จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนโดยโมลในชั้นไอน้ำกับเศษส่วนโดยโมลในชั้นของเหลวที่อยู่ในสถานะสมดุล ดังนี้

$$y_{n,A} = \frac{P_{n,A}}{P_T} x_{n,A} \quad (2.19)$$

$$y_{n,A} = K_{n,A} x_{n,A} \quad (2.20)$$

$$K_{n,A} = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_{n,A}/P_T}{P_{n,A}/P_i} = \frac{P_i}{P_T} \quad (2.21)$$

เมื่อ $p_{n,A}$ คือ ความดันย่อยในชั้นไอขององค์ประกอบ A ที่เทรย์ที่ n

$P_{n,A}$ คือ ความดันไอของของเหลวบริสุทธิ์ A ที่เทรย์ที่ n

P_T คือ ความดันรวม

$K_{n,A}$ คือ อัตราส่วนสมดุลขององค์ประกอบ A ที่เทรย์ที่ n

จากสมการแอนโทอิน (Antoine)

$$\ln(P_{n,A}) = A_i - \frac{B_i}{T + C_i} \quad (2.22)$$

T คือ อุณหภูมิ

A_i, B_i และ C_i คือ ค่าคงที่จำเพาะของแต่ละสาร

2.4.3 เอนทาลปี (Enthalpy)

เอนทาลปีของเหลวและเอนทาลปีของไอ คำนวณจาก

$$h_i = \sum_{j=1}^{n_c} x_{i,j} h_j^*(T_i) \quad (2.23)$$

$$H_i = \sum_{j=1}^{n_c} y_{i,j} H_j^*(T_i) \quad (2.24)$$

h_j^* เป็นโมลาร์เอนทาลปีของของเหลว และ H_j^* เป็นโมลาร์เอนทาลปีของไอ คำนวณจาก

$$h_j^*(T) = a_j + b_j T + c_j T^2 \quad (2.25)$$

$$H_j^*(T) = A_j + B_j T + C_j T^2 \quad (2.26)$$

เมื่อ a_j, b_j, c_j คือ สัมประสิทธิ์สำหรับการหาเอนทาลปีของเหลว

A_j, B_j, C_j คือ สัมประสิทธิ์สำหรับการหาเอนทาลปีของไอ

T คือ อุณหภูมิ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การควบคุมแบบดิจิตอล

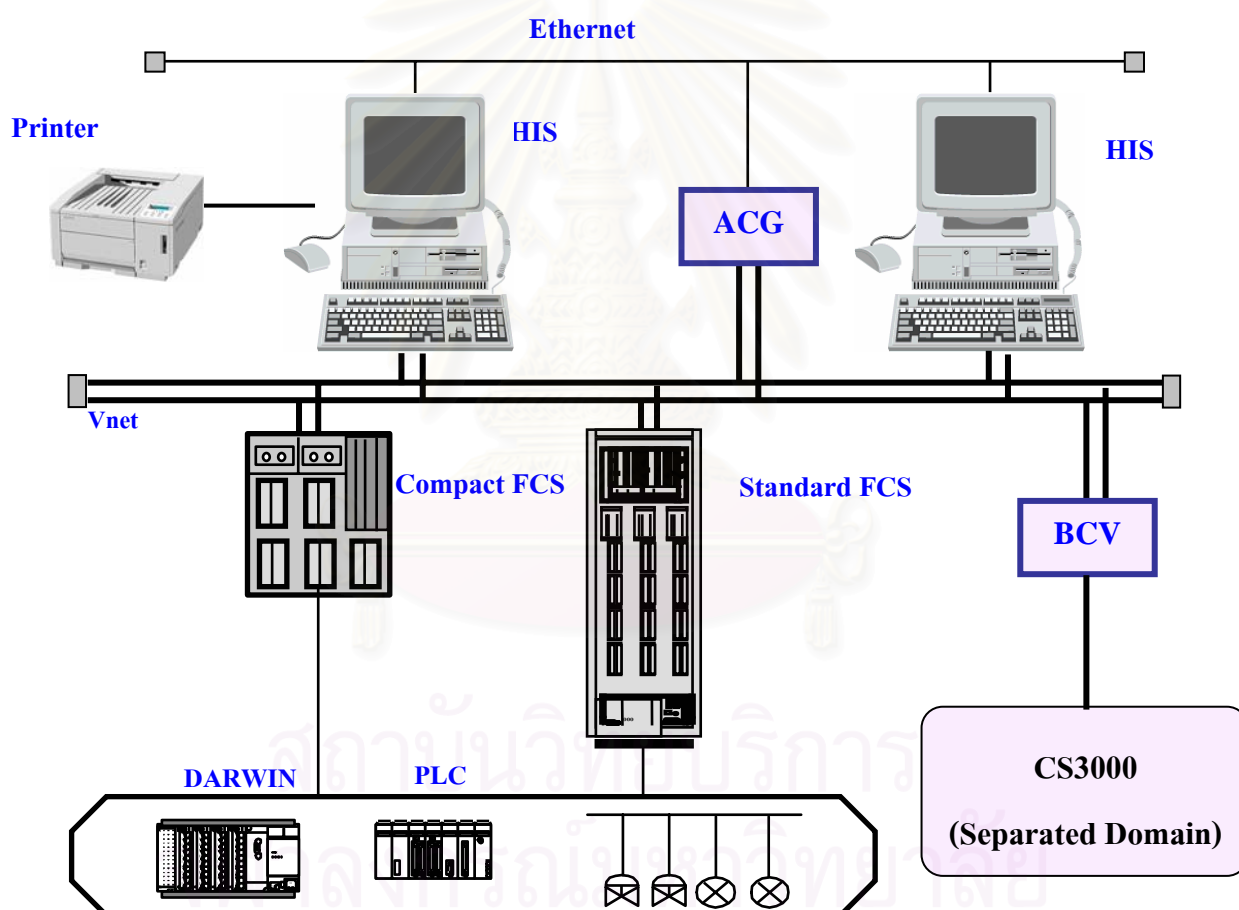
3.1 บทนำ

การควบคุมกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกระดาษ เม็ดพลาสติก น้ำมัน สารเคมี เป็นอุตสาหกรรมซึ่งจะต้องมีกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง และจะต้องให้ค่าวิศวกรรมตามที่ต้องการไว้โดยอาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์การควบคุมการผลิต (Process Control Instrument) อุปกรณ์เหล่านี้จะถูกออกแบบให้มีความสามารถในการทำงานสูง เช่น เซ็นเซอร์ (Sensor) เครื่องบันทึกสัญญาณ (Recorder) อาร์ทีดี (RTD) เครื่องควบคุม (Controller) พีแอลซี (PLC) อุปกรณ์เหล่านี้ในแต่ละโรงงานจะมีจำนวนมากมาย การติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องออกแบบให้สะดวกต่อการใช้งาน มองเห็นได้ง่ายและสามารถตั้งค่าต่างๆได้อย่างสะดวก รวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นอย่างกะทันหัน ดังนั้น เทคโนโลยีของระบบควบคุมจึงมีการพัฒนาตั้งแต่การใช้อุปกรณ์วัดคุมที่ใช้ สัญญาณแรงดันลม (นิวแมติก) ในการทำงาน ใช้เครื่องมือวัดคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็ก และมีการใช้คอมพิวเตอร์ชนิดดิจิทัล จนกระทั่งใช้ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในแบบกระจายการควบคุมการผลิต (Distributed Control System or DCS) ซึ่งเป็นระบบควบคุม โรงงานที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายๆตัวต่อกันเป็นเครือข่าย ฟังก์ชันการควบคุมจะถูกกระจายให้คอมพิวเตอร์เล็กๆ แต่ละส่วนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการย่อยๆ โดยข้อมูลของกระบวนการจะถูกส่งผ่านส่วนสื่อสารไปเก็บรวบรวมที่คอมพิวเตอร์อีกตัว ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อกับพนักงาน โดยผ่านทางจอภาพและเป็นพิมพ์หรือการคลิกเมาส์

กล่าวคือการควบคุมกระบวนการจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนของหน่วยควบคุม และส่วนของชุดอินเทอร์เฟซ ซึ่งขึ้นอยู่กับการแบ่งว่าจะใช้หน่วยการควบคุมและชุดอินเทอร์เฟซระดับใดกับกระบวนการชนิดใด ชุดอินเทอร์เฟซ จะแบ่งเป็นชุดอินเทอร์เฟซระดับล่าง เช่น แผงควบคุมไฟฟ้า แผงอินเทอร์ล็อก พีแอลซี และชุดอินเทอร์เฟซระดับบน คือระบบการควบคุมแบบดิจิตอล ซึ่งเป็นระบบที่อ้างถึงในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยจะเน้นที่ดิจิตอล รุ่น CENTUM CS3000 ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของการควบคุมแบบดิจิตอล ส่วนประกอบของระบบดิจิตอล และการเขียนลูปควบคุมในระบบการควบคุมแบบดิจิตอล รุ่น CENTUM CS3000

3.2 ความหมายของระบบดีซีเอส

ระบบการควบคุมแบบดีซีเอส หมายถึง ระบบการควบคุมกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ไมโครโพรเซสเซอร์หลายตัวกระจายหน้าที่การควบคุมออกไป และประสานงานกับส่วนควบคุมอื่น โดยการส่งข้อมูลผ่านระบบการส่งข้อมูล และระบบอินเทอร์เน็ตกับมนุษย์บนหน้าจอ ซึ่งผู้ปฏิบัติการในการควบคุมกระบวนการสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการหรือสั่งการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรของกระบวนการได้ที่ระบบอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบควบคุมแบบ ดีซีเอส รุ่น CENTUM CS3000

3.3 ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบดีซีเอสที่พบโดยทั่วไป

3.3.1 ชุดติดต่อกับพนักงาน (Human Interface Station)

ชุดติดต่อกับพนักงาน (Human Interface Station) เป็นหน่วยแสดงผลและบังคับการที่เชื่อมระหว่างผู้ใช้ กับกระบวนการผลิต จะตั้งอยู่ในห้องควบคุม เพื่อทำหน้าที่แสดงข้อมูลของกระบวนการผลิต

ชุดติดต่อกับพนักงาน (Human Interface Station) หรือที่เรียกว่า HIS นั้นมี 2 ชนิดคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่เราใช้กันอยู่ทั่วไปและชนิดคอนโซล (Console Type) ดังรูป



PC Type HIS



Console Type HIS

รูปที่ 3.2 อินเทอร์เฟซของระบบควบคุมแบบดีซีเอสรุ่น CENTUM CS3000

ความสามารถของชุดติดต่อกับพนักงาน

- จำนวนแท็กที่สามารถปฏิบัติการหรือแสดงผลได้ทั้งหมด 100,000 แท็ก
- จำนวนหน้ากราฟฟิกที่เขียนได้ 2,500 หน้า
- จำนวนการพล็อตแนวโน้มของข้อมูลได้ (Trend) ได้ 2,034 จุด

โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้เป็นชุดติดต่อกับพนักงานของระบบ Centum CS3000 นั้นจะต้องเป็นเครื่องที่มีคุณสมบัติดังนี้

CPU	: Pentium 100 up
Main Memory	: 128 MB or Larger
Hardisk	: 1 GB or Larger
Displays	: 65536 Colors , 16,000,000 Colors can specified Min. Resolution 800*600 1024*768 Recommended (1280*1024 Best)
Serial Port	: RS232C (1 Port or more for Operation Keyboard)
Parallel Port	: 1 Port or more for Printer
OS	: Windows 2000, Service Pack1 or Service Pack 2
Max Config.	: 16 Stations.
Virtual memory paging size	: 400 MB

ซอฟต์แวร์ที่ต้องมี

- CS 3000 Software CD-ROM (1)
- CS 3000 electronic document CD-ROM (1)
- CS 3000 Key coded floppy disk (1 or more)
- CS 3000 System ID license (LHSDM01)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรม

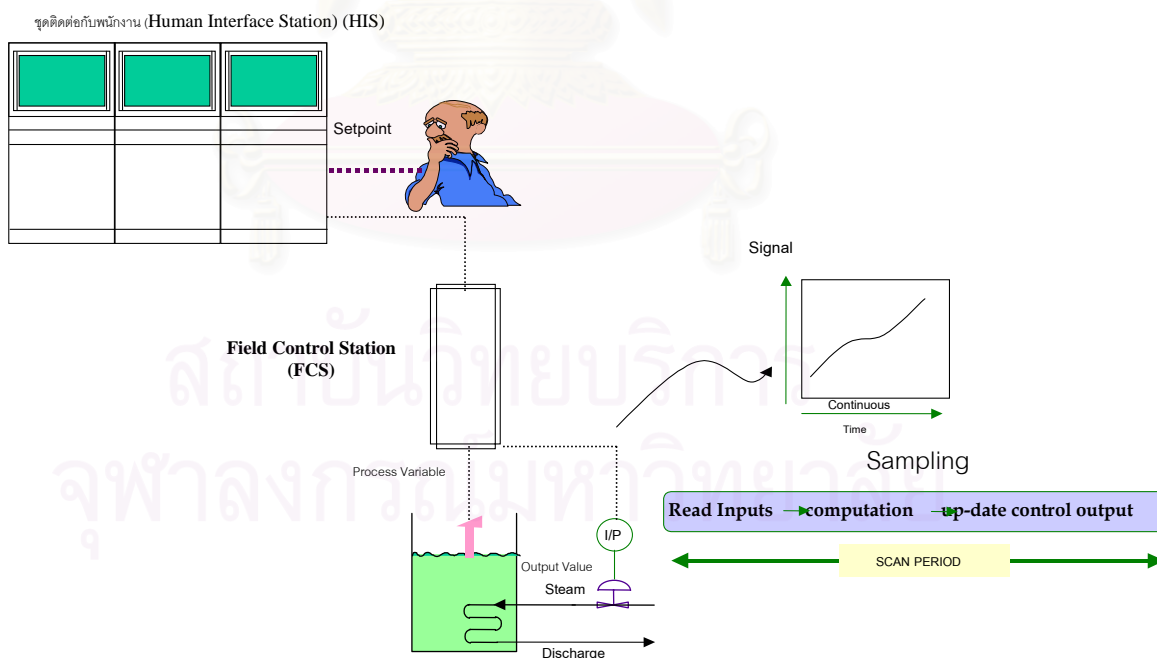
- Microsoft Visual C++ Version 6.0 Service Pack 5
- Microsoft Visual Basic Version 6.0 Service Pack 5

นอกจากนี้แล้วชุดติดต่อกับพนักงาน ยังจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการที่นอกเหนือจากคีย์บอร์ด และ เมาส์ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ คือ คีย์บอร์ดสำหรับผู้ปฏิบัติการ (Operation Keyboard) ซึ่งไม่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ฉะนั้น คีย์บอร์ดสำหรับผู้ปฏิบัติการ จึงเป็นอุปกรณ์เสริมของระบบ ดีซีเอส รุ่นนี้ นอกจากนั้นหน้าจอก็อาจจะต้องมีการ

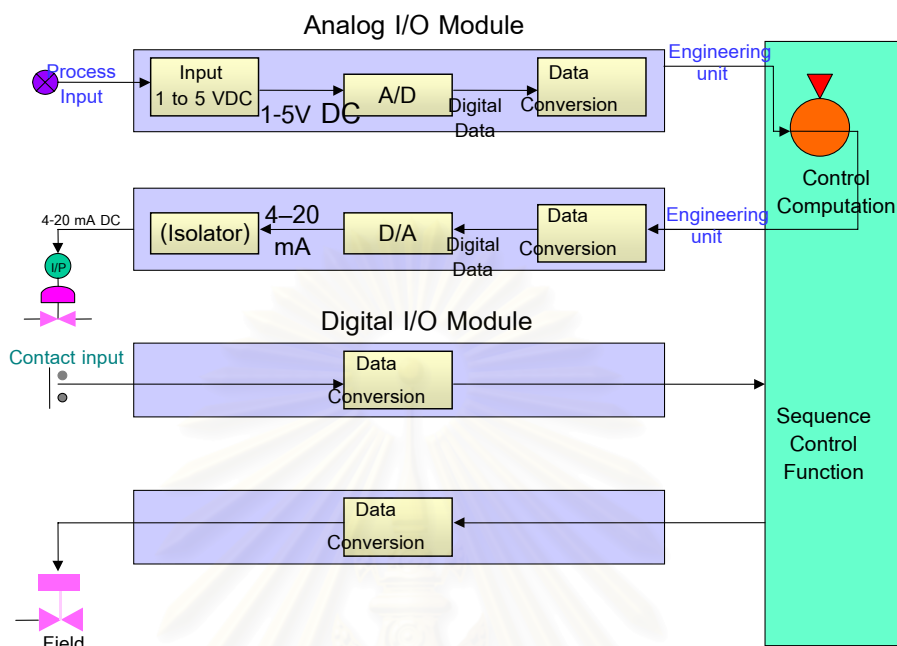
ปฏิบัติการโดย การสัมผัสที่หน้าจอ (Touch Screen Function) ซึ่งจะต้องสั่งจอพิเศษและต้องมีซอฟต์แวร์รองรับฟังก์ชันนี้เป็นโปรแกรมเสริม (Option Software)

3.3.2 หน่วยควบคุมกระบวนการ (Field Control Station, FCS)

หน่วยควบคุมกระบวนการผลิตซึ่งประกอบด้วย การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) และการควบคุมแบบซีควีนซ์ (Sequence Control) การทำงานของ Field Control Stations นั้นเริ่มจากการอ่านสัญญาณจากอุปกรณ์วัดค่าที่ส่งผ่านสัญญาณมาที่ I/O Module แล้วส่งไปคำนวณคำสั่งควบคุมตามอัลกอริทึมควบคุมที่เลือกไว้ เพื่อส่งไปเป็นค่าปรับของกระบวนการ (MV) ที่ได้จากผลต่างระหว่างตัวแปรกระบวนการ (PV) กับค่าตัวแปรกระบวนการที่ต้องการ (SV) จากนั้นคำนวณค่าปรับของกระบวนการ ตาม อัลกอริทึมควบคุมพีไอดี (PID) ที่เลือกไว้ โดย ค่าตัวแปรกระบวนการที่ต้องการ (SV) ได้รับมาจากชุดคิดค้นกับพนักงาน (HIS) ซึ่งส่งผ่านมาตาม สายวีเน็ต (Vnet) หลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณควบคุมออกไปควบคุมอุปกรณ์ปรับกระบวนการ โดยผ่านทางอินพุท เอาท์พุท โมดูล (I/O Module)



รูปที่ 3.3 ทิศทางของสัญญาณในการควบคุมกระบวนการ



รูปที่ 3.4 ทิศทางของสัญญาณในหน่วยควบคุม (FCS)

ชนิดหน่วยควบคุมกระบวนการสามารถแบ่งได้หลากหลายลักษณะดังนี้

1. แบ่งหน่วยควบคุมกระบวนการ ตามการมีตัวควบคุมสำรอง (Redundancy Controller)

ได้ 2 ชนิด คือ

- PFCS / LFCS หน่วยควบคุมกระบวนการชนิดนี้จะมีส่วนควบคุมประมวลผลกลาง (CPU) เพียงการ์ดเดียวที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ การ์ดของส่วนให้พลังงาน (Power Supply Card) และส่วนติดต่อของระบบ (Communication System) นั้นสามารถเลือกให้มีการ์ดสำรอง (Standby Card) ได้ คือ มีการ์ดส่วนให้พลังงาน 2 การ์ด หรือ Vnet 2 เส้น

- PFCD / LFCD หน่วยควบคุมกระบวนการชนิดนี้จะมีส่วนควบคุมประมวลผลกลาง (CPU) ได้ 2 การ์ดที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ จะมีส่วนควบคุมรูปที่ 3.3 ทิศทางสัญญาณในการควบคุมกระบวนการโดยที่มี การ์ดหนึ่งทำการควบคุมกระบวนการ ส่วนอีกการ์ดหนึ่งเป็นตัวสำรอง (Standby Card) เมื่อตัวที่กำลังทำงานอยู่เกิดไม่ทำงาน (Fail) ตัวที่เป็นตัวสำรองจะทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการแทนทันที การ์ดของส่วนให้พลังงาน (Power Supply Card) และ ส่วนติดต่อของระบบ (Communication System) จะเป็นการ์ดที่มีระบบสำรอง (Redundant) ทั้งหมด

ในการจะเลือกใช้ระบบที่มีการ์ดสำรองหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับความวิกฤตของกระบวนการผลิตและความสามารถในการเขียนโปรแกรมอินเทอร์ล็อกเพื่อความปลอดภัยของกระบวนการของผู้ออกแบบระบบควบคุม ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่ถ้าในกระบวนการที่มีเฉพาะการแสดงผล ค่าของกระบวนการที่หน้าจอหรือมีลูปควบคุมน้อยมากและเป็นลูปควบคุมที่ไม่วิกฤต มักจะใช้หน่วยควบคุมกระบวนการที่มีส่วนควบคุมประมวลผลกลาง (CPU) เพียงการ์ดเดียว ทั้งนี้เนื่องจากการ์ดนี้มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

2. แบ่งหน่วยควบคุมกระบวนการตามชนิดของส่วนควบคุมประมวลผลกลาง (CPU) ได้ 2 ชนิดหลัก ๆ คือ

- PFCS/SFCS : หน่วยควบคุมกระบวนการชนิดกะทัดรัด (Compact Type) จะมีคุณสมบัติและความสามารถเทียบเท่ากับดีซีเอสรุ่น Centum CS1000 จะสามารถควบคุมจำนวนลูปควบคุมได้น้อย

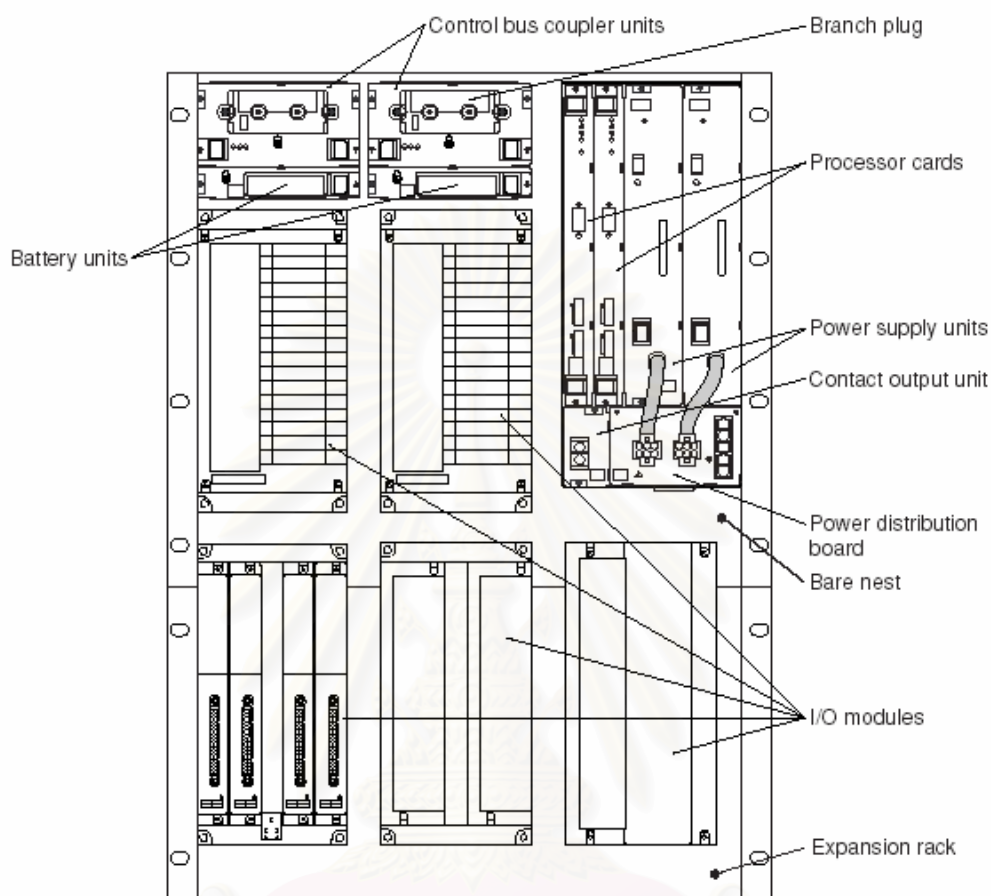
- LFCS : หน่วยควบคุมกระบวนการขนาดใหญ่มีคุณสมบัติและความสามารถเทียบเท่ากับดีซีเอสรุ่น CENTUM CS จะสามารถควบคุมจำนวนลูปควบคุมได้มากกว่าชนิดแรกประมาณ 10 เท่า

ทั้งนี้การจะเลือกใช้หน่วยควบคุมกระบวนการ (FCS) รุ่นใดนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนลูปในการควบคุม จำนวนอินเทอร์ล็อกที่ต้องใช้ในกระบวนการ (Sequence Table) จำนวนค่าวัด ที่ต้องการนำมาแสดงผลที่หน้าจอ และแนวโน้มการขยายในส่วนของกระบวนการในอนาคต

นอกจากนี้ชนิดของหน่วยควบคุมกระบวนการยังมีอีกหลายชนิด เช่น หน่วยควบคุมกระบวนการที่แบ่งตามฟังก์ชันของการควบคุม หรือ หน่วยควบคุมกระบวนการที่แบ่งตามชนิดของตู้ที่ใส่ อุปกรณ์ที่ใช้ในหน่วยควบคุมกระบวนการ (FCS)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบของหน่วยควบคุมกระบวนการ (Field Control Station) จากรูปมีดังนี้



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบในหน่วยควบคุมกระบวนการ (FCS)

ที่มา : คู่มือรายละเอียดฮาร์ดแวร์ส่วนควบคุมกระบวนการของระบบ Centum CS3000 ของบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

- **ขั้วสำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณ (Communication Coupler Unit)** เป็นส่วนที่ไว้ใช้เป็นขั้ว (Terminal) ที่ต่อกับสายวิเน็ต (Vnet) เพื่อรับส่งสัญญาณระหว่างหน่วยควบคุมกระบวนการ (Field Control Station, FCS) กับ ชุดติดต่อกับพนักงาน (Human Interface Station)
- **ส่วนประมวลผล (Processor Unit)** เป็นการ์ดที่มีส่วนของสมการการคำนวณเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต

- **ส่วนจ่ายพลังงาน (Power Unit)** เป็นส่วนที่รับพลังงานมาจากบอร์ดกระจายพลังงาน (Power Distribution Board) จากนั้นแปลงพลังงานนั้นเป็น โวลต์ดีซี (DC Voltage) ทั้งนี้เพื่อที่จะจ่ายให้กับ การ์ดและส่วนต่างๆ ในหน่วยควบคุมกระบวนการ

- **แบตเตอรี่ (Battery Units)** เป็นแบตเตอรี่สำรองไว้เพื่อสำรอง (Back Up) ข้อมูลต่างๆ ในหน่วยความจำของส่วนควบคุมประมวลผลกลาง (CPU) มีได้ 2 อัน ตามจำนวนการ์ดหน่วยประมวลผล (Processor Card) ในระหว่างที่เราปิดเครื่องหรือเกิดไฟฟ้าดับ (Power Failure) ข้อมูลในซีพียูการ์ดจะยังคงจำค่าของพารามิเตอร์ในการควบคุม และข้อมูลต่างๆ ได้อีก 72 ชั่วโมง

อายุการใช้งาน แบตเตอรี่สำรองนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการใช้งานของ แบตเตอรี่นั้นๆ

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งานต่ำกว่าหรือเท่ากับ 30°C แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งาน 3 ปี

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งานต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40°C แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งาน 1.5 ปี

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งานต่ำกว่าหรือเท่ากับ 50°C แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งาน 9 เดือน

- **คอนแทกเอาต์พุต (Contact Output Unit)** เป็นสัญญาณสวิตช์ ออน ออฟ (ON,OFF Contact) ที่สามารถต่อออกไปที่อุปกรณ์ภายนอกเช่น ตัวขยายสัญญาณเสียง (Buzzer) เพื่อให้เกิดเสียงดังเมื่อไม่มีไฟฟ้าจ่ายให้กับหน่วยควบคุม

- **บอร์ดกระจายพลังงาน (Power Distribution Board)** เป็นส่วนที่กำหนดหรือกระจายพลังงานไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆของหน่วยควบคุม โดยส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านเข้าไปทางขั้วสัญญาณขาเข้า (Input Terminal) และมีสัญญาณไฟฟ้าออกมาทางขั้วต่อสัญญาณขาออก (Output Connector) เพื่อรองรับสัญญาณรบกวนที่เข้ามาที่หน่วยจ่ายพลังงาน (Power Supply) หน่วยควบคุมจะไม่มี สวิตช์ ดังนั้นในการเปิดหรือปิดการจ่ายไฟฟ้าเข้ามาภายในหน่วยควบคุม ต้องใช้อุปกรณ์นอกมาติดเช่น สวิตช์ หรือ เบรกเกอร์

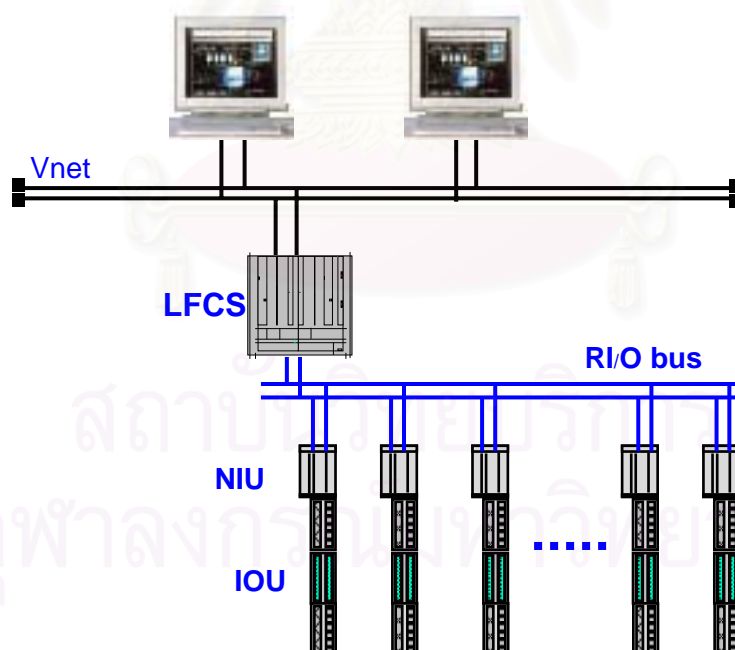
- **อินพุท เอาท์พุทโมดูล (I/O Modules)** เป็นส่วนที่ทำการติดต่อระหว่างกระบวนการกับหน่วยควบคุม ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณขาเข้า (Input Signal) จากกระบวนการผลิตแล้วส่งไปยังหน่วยควบคุม (Field Control Station) ซึ่งหน่วยควบคุมจะทำการคำนวณและประมวลผลการควบคุมแล้วส่งสัญญาณควบคุม (Output) ออกไปควบคุมกระบวนการผลิต โดยผ่านอินพุท เอาท์พุทโมดูล (I/O Modules)

3.3.3 วีเน็ต (Vnet)

วีเน็ต (Vnet) เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่างหน่วยควบคุม (FCS) กับหน่วยอินเตอร์เฟส (HIS) ซึ่งสายวีเน็ต ที่ต่อออกมาจากหน่วยควบคุมนั้นจะต้องผ่านส่วนหัวต่อที่เรียกว่าหัววีเน็ต (Vnet Coupler) และต่อเข้าไปยังชุดอินเตอร์เฟสโดยผ่านการ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card) ซึ่งมี ข้อต่อเป็นแบบบีเอ็นซี (BNC) เป็นตัวเชื่อมระหว่างวีเน็ต (Vnet) กับการ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card)

คุณลักษณะของสายวีเน็ต (Vnet) จะเป็นดังนี้

Cable Type	: Coaxial Cable
Cable Connector	: BNC
Communication Speed	: 10 Mbps.
Minimum Bend Radius	: 50 mm.
Standard Max. Length	: 185 m.
Maximum Length	: 20 Km. (with Optical Repeater)
	: 1.6 Km. (with Coaxial Repeater)



รูปที่ 3.6 การต่อสายสัญญาณในหน่วยควบคุม (FCS) และหน่วยอินเตอร์เฟส (HIS)

การ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card) เป็นการ์ดที่ติดตั้งในพีซีไอ สล็อต (PCI Slot , Peripheral Component Interconnect) ของคอมพิวเตอร์ (PC/AT Compatible Personal Computer) เพื่อเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่าง วีเน็ต (Vnet) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (HIS) โดยผ่าน ขั้วต่อบีเอ็นซี (BNC)

การ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card) จะมี 2 พ็อท เพื่อสำรองไว้ในการสื่อสารระหว่างหน่วยควบคุมและหน่วยอินเตอร์เฟส

ส่วนต่างๆ ของ การ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card)

- RCV หลอดไฟนี้จะติดเมื่อได้รับสัญญาณมาจากสายวีเน็ต (Vnet) มายังการ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card)ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ถ้าไม่มีการรับสัญญาณ หลอดไฟนี้จะดับ
- SND หลอดไฟนี้จะติดเมื่อมีการส่งสัญญาณจากการ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card)ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปยังสายวีเน็ต (Vnet) ถ้าไม่มีการส่งสัญญาณออกไป หลอดไฟนี้จะดับ
- ขั้วต่อบีเอ็นซี (BNC Connector) จะเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างวีเน็ต (Vnet) และการ์ดเชื่อมต่อสายวีเน็ต (Vnet Interface Card)ของหน่วยอินเตอร์เฟส ซึ่งจะใช้ขั้วต่อบีเอ็นซี (BNC) ชนิดตัวต่อรูปตัวที (T – Connector)

นอกจากสายวีเน็ต (Vnet)ในส่วนของารรับส่งสัญญาณในระบบ CENTUM CS3000 ยังประกอบด้วยสายรีโมทอินพุท เอาท์พุท (RI/O, Remote Input / Output) ที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณหน่วยอินพุทเอาท์พุทไปยังหน่วยควบคุมดังในรูป

คุณลักษณะ ของสายรีโมทอินพุท เอาท์พุท (RI/O) จะเป็นดังนี้

- Twisted Pair Cable or Optical Fiber
- Single/Duplex
- 2 Mbps
- 750 m / 20 km.(Twisted Pair/Fiber) Max length.
- Max. 1280 AI/O & 4096 DI/O
- Max.8 NIU
- Max.5 IOU / NIU

3.3.4 อีเทอร์เน็ต (Ethernet)

อีเทอร์เน็ต (Ethernet) เป็นรูปแบบการต่อสายสัญญาณระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายที่นิยมกันมากที่สุด ซึ่งหลักการส่งสัญญาณของ Ethernet คล้ายกับการคุยกันอย่างสุภาพ คือจะต้องหยุดรอจังหวะว่างเสียก่อนถึงจะส่งข้อมูลไปในเครือข่ายได้

ในระบบ CENTUM CS3000 นั้นเราใช้ อีเทอร์เน็ต (Ethernet) ในการจะเชื่อมต่อกันระหว่างหน่วย อินเทอร์เน็ตหรือคอมพิวเตอร์ทั่วไป (HIS) และคอมพิวเตอร์ระดับบนที่ใช้ในการวิเคราะห์ กระบวนการของผู้บริหาร (Management Computer) ซึ่งเป็นระดับ MIS (Management Information System) ให้แต่ละหน่วยสามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลซึ่งกันและกันได้

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อบนอีเทอร์เน็ต (Ethernet) จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งอีเทอร์เน็ต ไอพี (Ethernet IP Addresses) ซึ่งในระบบ CENTUM CS3000 นี้ ตำแหน่งอีเทอร์เน็ต ไอพี (Ethernet IP Addresses) จะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติตามชนิดของสายส่งสัญญาณ (Bus) หมายเลขโดเมน (Domain) และหมายเลขตำแหน่งของแต่ละหน่วย (Station) โดยอัตโนมัติซึ่งการกำหนดโดเมนและหมายเลขตำแหน่งของแต่ละหน่วยนั้นจะกล่าวถึงในภาคผนวก

3.3.5 เครื่องพิมพ์ (Printer)

เป็นเครื่องพิมพ์ (Printer) ที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปที่มีไดฟเวอร์รองรับระบบปฏิบัติการของ Window 2000

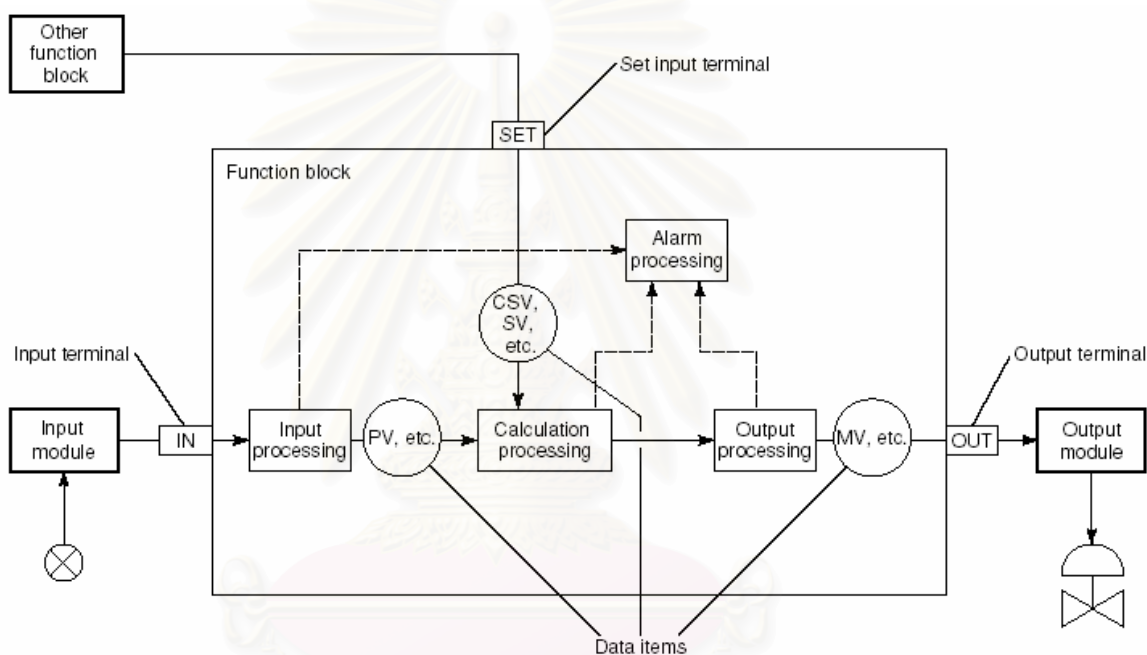
3.3.6 บีซีวี (Bus Converter, BCV)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเมื่อระบบ CENTUM CS3000 ต่อกับระบบการควบคุมอื่นเช่น CENTUM CS หรือ MXL ซึ่งทั้ง 3 ระบบนี้ใช้ระบบปฏิบัติการหรือการเขียนโปรแกรมการควบคุมที่ต่างกัน เช่น ใน CENTUM CS มีระบบปฏิบัติการที่เขียนโปรแกรมบนยูนิกซ์ (Unix) ส่วนใน CENTUM CS3000 มีระบบปฏิบัติการที่เขียนโปรแกรมบน Windows 2000 เพื่อให้ทั้ง 3 ระบบสามารถดูแลหรือปฏิบัติการใดๆ หรือสื่อสารกันได้ เช่น ทำงานอยู่ที่หน่วยอินเทอร์เน็ตเฟส (ICS) ของ CENTUM CS สามารถที่จะมองเห็นหรือทำการควบคุมกระบวนการส่วนของการควบคุมระบบ CENTUM CS3000 ได้ เหมือนกับว่าตัว บีซีวี (BCV) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณของระบบ CENTUM CS ให้สามารถคุยกันรู้เรื่องกับระบบ CENTUM CS3000 นั้นเอง

3.4 การเขียนลูปควบคุมในระบบ CENTUM CS3000

การเขียนลูปควบคุมในระบบ CENTUM CS3000 นั้นจะเขียนที่ส่วนอินเทอร์เฟซ จากนั้นดาวน์โหลดไปที่หน่วยควบคุม โดยในหน่วยประมวลผลของการควบคุมนี้มีการเขียนโปรแกรมการควบคุมเป็นฟังก์ชันบล็อก ซึ่งในแต่ละฟังก์ชันบล็อกจะมีสมการการคำนวณที่แตกต่างกัน การนำไปใช้งานในกรณีที่แตกต่างกันออกไป เช่น ฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีไอดีทั่วไป

กระบวนการคำนวณภายในของฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีไอดี สามารถแบ่งได้เป็นส่วนๆ ดังนี้



รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันทั่วไปในฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีไอดี

ที่มา : คู่มือแสดงรายละเอียดของฟังก์ชันบล็อกในระบบ Centum CS3000 ของบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

- กระบวนการของสัญญาณอินพุท (Input Signal Processing)

การจัดการกับสัญญาณอินพุทให้เหมาะสมกับการนำไปคำนวณ โดยรับสัญญาณจากตัวอินพุทจากอินพุทโมดูล หลังจากผ่านส่วนประมวลผลสัญญาณอินพุทจะได้ค่าเอาต์พุทเป็นตัวแปรกระบวนการ ที่พร้อมจะนำไปทำการคำนวณและตรวจสอบสถานะต่อไป

• กระบวนการของส่วนคำนวณ (Control Computation Processing)

สมการการคำนวณที่ใช้ในการประเมินผลและควบคุม โดยรับสัญญาณอินพุตที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าตัวแปรกระบวนการ และส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปเป็นค่าตัวแปรปรับกระบวนการ ซึ่งในการคำนวณนี้จะมีสมการทั่วไปดังนี้

$$MV(t) = \frac{100}{PB} \left\{ E(t) + \frac{1}{\tau_I} \int E(t) dt + \tau_D \frac{dE(t)}{dt} \right\} \quad (3.1)$$

$$E_n : \Delta MV_n = \frac{100}{PB} \left\{ \Delta E_n + \frac{\Delta T}{\tau_I} E_n + \frac{\tau_D}{\Delta T} \Delta(\Delta PV_n) \right\} \quad (3.2)$$

$$M_n : \Delta MV_n = \frac{100}{PB} \left\{ \Delta PV_n + \frac{\Delta T}{\tau_I} E_n + \frac{\tau_D}{\Delta T} \Delta(\Delta PV_n) \right\} \quad (3.3)$$

เมื่อ ΔMV คือ ขนาดของ MV ที่เปลี่ยนไป

$E_n = SV_n - PV_n$ คือ ผลต่างสำหรับแอกชันแบบผกผัน

$\Delta E_n = E_n - E_{n-1}$ คือ ขนาดของผลต่างที่เปลี่ยนไป

ΔT คือ คาบเวลาควบคุม (control period)

ΔPV_n คือ ขนาดของอินพุตที่เปลี่ยน

PB, τ_I, τ_D คือ พารามิเตอร์แบนด์, อินทิกรัลไทม์ และเวลาอนุพันธ์

พารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดในฟังก์ชันบล็อก สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยดำเนินการในส่วนติดต่อกับผู้ควบคุม ได้แก่

- ค่าแบนด์สัดส่วน (P) : มีค่า 0-1,000%
- ค่าเวลาอินทิกรัล (τ_I) : มีค่า 0.1-10,000 วินาที
- ค่าเวลาอนุพันธ์ (τ_D) : มีค่า 0-10,000 วินาที

• กระบวนการของสัญญาณเอาต์พุต (Output Signal Processing)

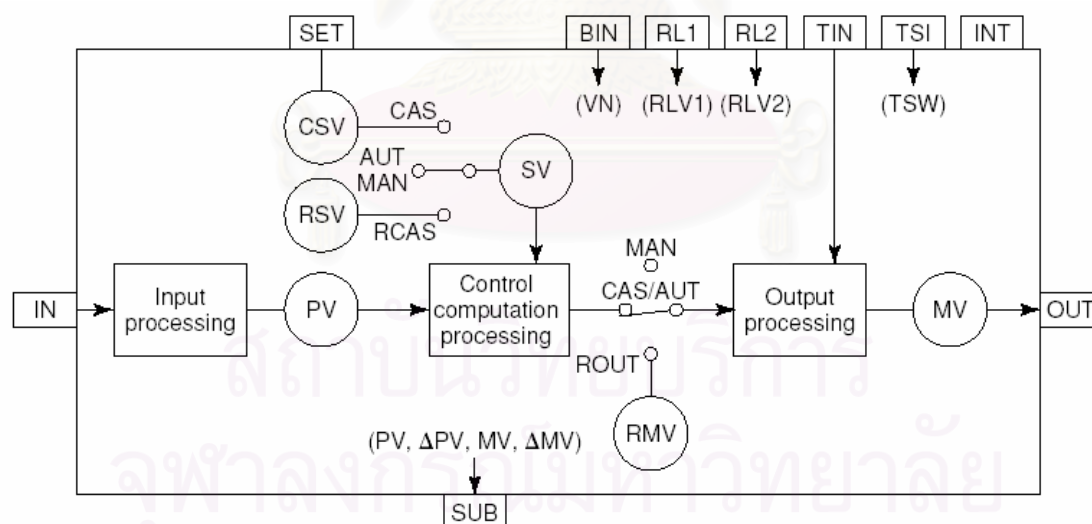
ทำหน้าที่จัดการกับสัญญาณเอาต์พุต เช่นมีการกำหนดไม่ให้อุปกรณ์ควบคุมเปิดเร็วเกินไป หรือกำหนดสัญญาณสูงสุด ต่ำสุด ให้กับสัญญาณที่ออกจากส่วนนี้ก่อนจะส่งสัญญาณ

ปรับกระบวนการ (MV) ออกไปยังอุปกรณ์ควบคุมที่หน้างาน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับอุปกรณ์วัดคุม

- กระบวนการสัญญาณเตือน (Alarm Processing)

กระบวนการสร้างเสียงเตือนรูปแบบต่างๆ เพื่อเตือนผู้ควบคุมกระบวนการ ซึ่งจะตรวจสอบสถานะของกระบวนการทั้งค่าตัวแปรกระบวนการ (PV) และตัวปรับกระบวนการ (MV) โดยจะแสดงผลที่หน้าจออินเตอร์เฟซ (HIS) ฟังก์ชันการคำนวณตรวจสอบสามารถทำได้โดยอิสระ ผ่านฟังก์ชันการกำหนดข้อมูล หรือการอ้างอิงข้อมูล โดยไม่ต้องอาศัยกระบวนการประมวลผลของส่วนอินพุท หรือกระบวนการประมวลผลของส่วนเอาต์พุท

ฟังก์ชันทั้ง 4 นี้เป็นฟังก์ชันพื้นฐานของฟังก์ชันบล็อกการควบคุมทั่วไป (Regulatory Control Block) ซึ่งทุกบล็อกไม่จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันดังกล่าวทุกฟังก์ชัน เช่น พีวีไอ (PVI) มีฟังก์ชันเฉพาะในส่วนของการจัดการกับสัญญาณอินพุทให้เหมาะสมเพื่อนำไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องส่งค่าเอาต์พุทออกไปควบคุม จะเห็นว่าการควบคุมแบบฟังก์ชันบล็อกนี้จะมีลักษณะข้อมูลแบบ โมเดลเบส (Model Base)

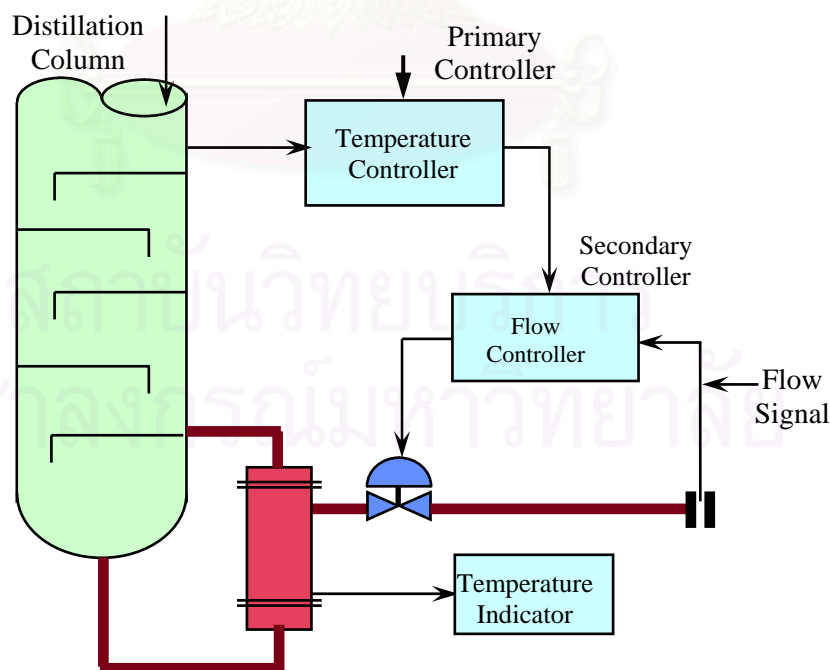


รูปที่ 3.8 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของฟังก์ชันบล็อกควบคุมแบบพีวีไอดี

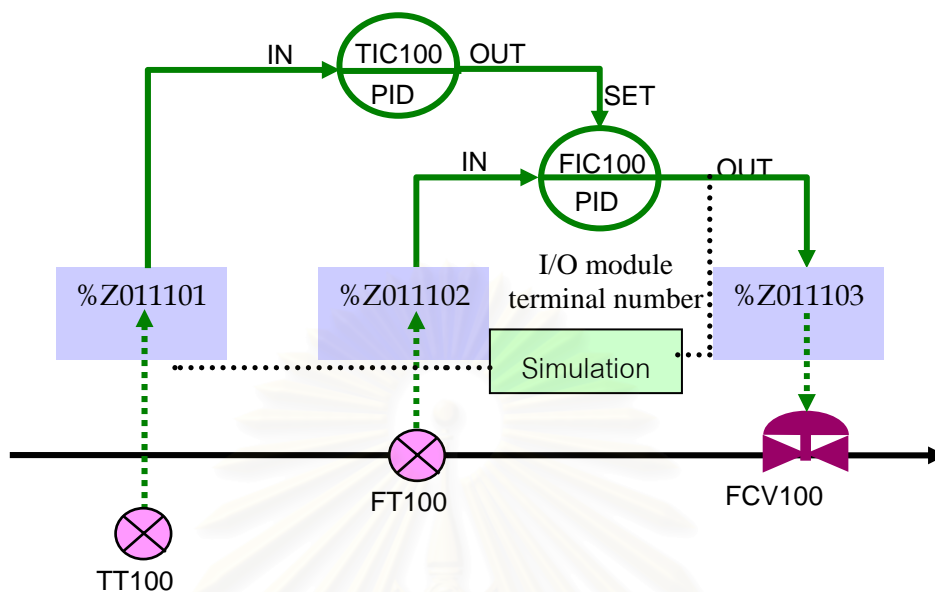
IN	:	ขั้วอินพุท	RLVn	:	สัญญาณรีเซ็ต
SET	:	ขั้วกำหนดค่าเป้าหมาย	MV	:	สัญญาณปรับเอาต์พุท

BIN	:	ขั้วชดเชยสัญญาณอินพุท	TSW	:	สวิทช์แท็คกิ้ง
RLn	:	ขั้วรีเซ็ตสัญญาณอินพุท			
TIN	:	ขั้วแท็คกิ้งสัญญาณอินพุท			
TSI	:	ขั้วสวิทช์แท็คกิ้งอินพุท			
INT	:	สวิทช์อินเตอร์ล็อกอินพุท			
SUB	:	ขั้วสัญญาณช่วยเหลือพุท			
OUT	:	ขั้วสัญญาณเอาต์พุท			
RAW	:	ค่าสัญญาณอินพุท			
PV	:	ค่าตัวแปรกระบวนการ			
SV	:	ค่าเป้าหมาย			
CSV	:	ค่าคาสเคดเซ็ทพ้อย			
RSV	:	รีโมทเซ็ทพ้อย			
VN	:	ค่าชดเชยสัญญาณอินพุท			
RMV	:	รีโมทสัญญาณปรับเอาต์พุท			

ตัวอย่างการเขียนลูฟควบคุมในระบบ CENTUM CS3000



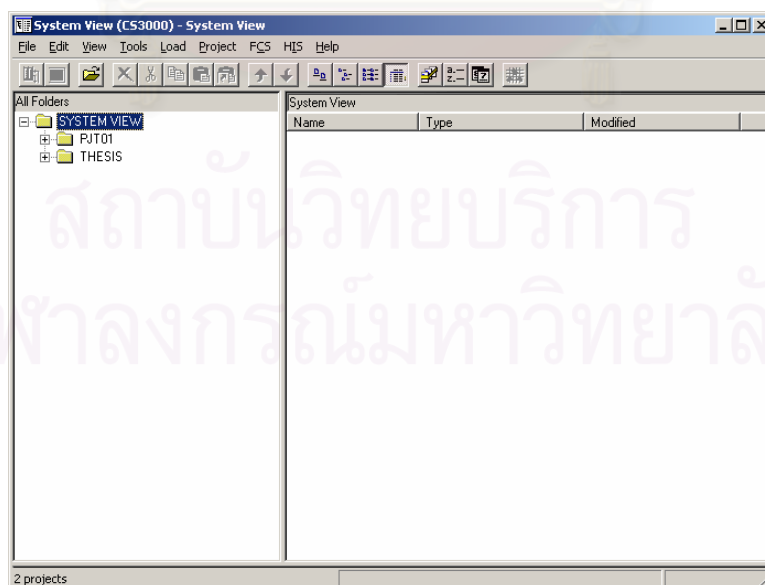
รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการควบคุมอุณหภูมิในหอกลั่น



รูปที่ 3.10 แสดงการเขียนลูปการควบคุมอุณหภูมิในหอกถ่าน

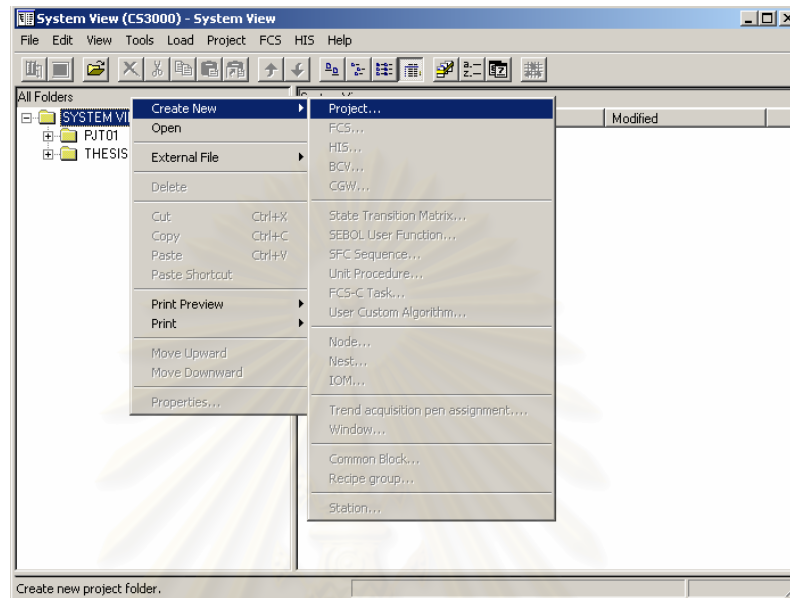
ขั้นตอนในการเขียนลูปควบคุมในระบบ CENTUM CS3000 มีดังนี้

1. เมื่อติดตั้งซอฟต์แวร์ในคอมพิวเตอร์ชุดอินเตอร์เฟสเรียบร้อยแล้ว เริ่มจากการสร้างโครงการการควบคุมใหม่ เข้าไปยัง *Program / YOKOGAWA CENTUM / System View* ดังรูป

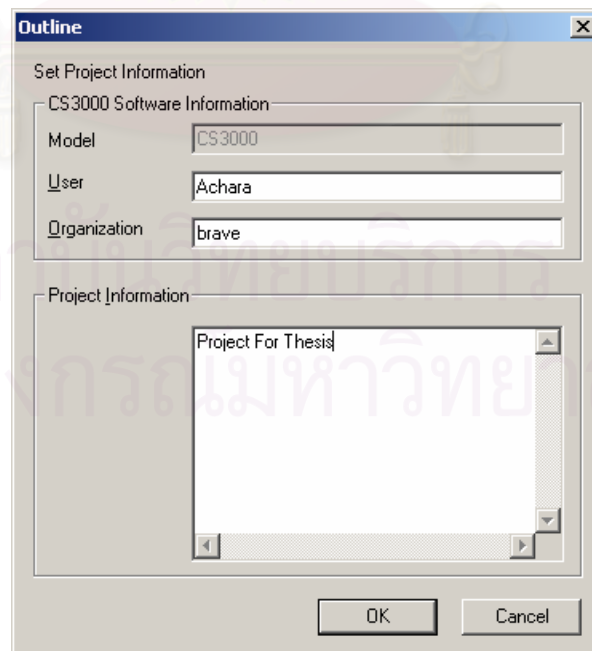


รูปที่ 3.11 แสดงหน้า System View

สร้างโครงการใหม่โดยการคลิกเมาท์ขวาที่โฟลเดอร์ *System View* เลือก *Create New / Project* ดังรูป

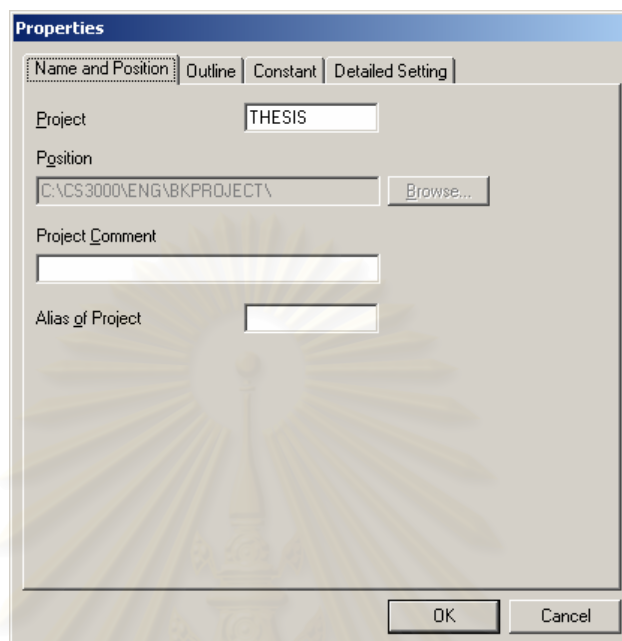


รูปที่ 3.12 แสดงการสร้างโครงการใหม่
จะขึ้นส่วนที่ให้ใส่ข้อมูลของโครงการแล้วคลิก OK



รูปที่ 3.13 การใส่ข้อมูลของโครงการ

ให้กำหนดชื่อโครงสร้าง แล้วคลิก *OK* ใน *System View* จะปรากฏชื่อโครงสร้าง *THESIS* ขึ้นมา



รูปที่ 3.14 การตั้งชื่อโครงการ

2. กำหนดหน่วยควบคุมและหน่วยอินเตอร์เฟซว่าทั้งโครงการมีหน่วยควบคุมที่ตัว แต่
 ละตัวมีหมายเลขอะไร โดเมนอะไร รวมทั้งเลือกชนิดของหน่วยควบคุมด้วย
 กำหนดหน่วยควบคุมโดยการคลิกที่ชื่อโครงการ *THESIS* คลิกเมาท์ขวาเลือก *Create New / FCS*
 ดังรูป

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.15 การสร้างหน่วยควบคุม (FCS)

เลือกชนิดของหน่วยควบคุมและฐานข้อมูลที่ใช้ในการควบคุม จากนั้นกำหนดโดเมนซึ่งในโครงสร้าง CENTUM CS3000 สามารถกำหนดโดเมนได้ 16 โดเมน ในแต่ละโดเมนกำหนดได้ 64 หน่วยของหน่วยควบคุม (FCS) และหน่วยอินเตอร์เฟซ (HIS) กำหนดโดเมนเป็น 1 และชื่อหน่วยควบคุมเป็น 1 ส่วนอื่นๆ ไม่ต้องกำหนด คลิก OK

กำหนดหน่วยอินเตอร์เฟซโดยการคลิกที่ชื่อโครงการ THESIS คลิกเมาท์ขวาเลือก Create New / HIS ดังรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

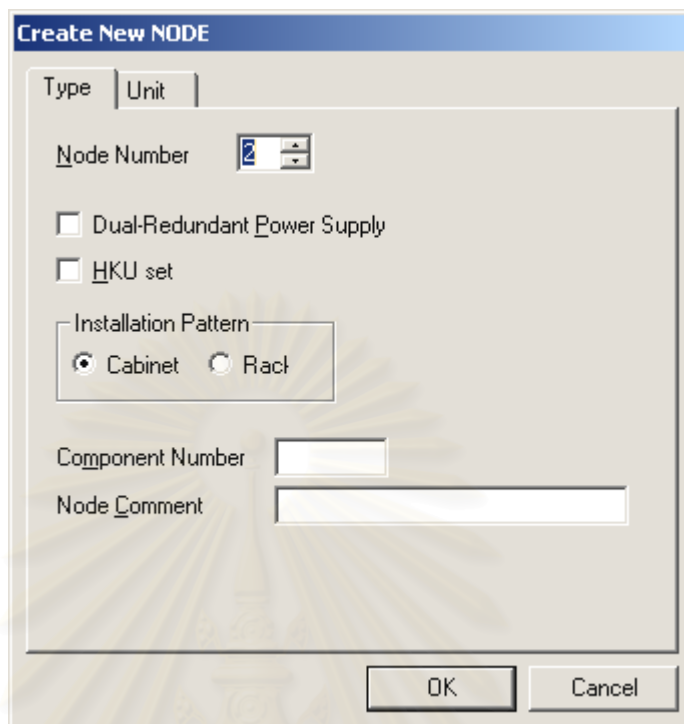
The image shows a 'Create New HIS' dialog box with the following fields and values:

- Type:** Constant | Network (selected)
- Station Type:** PC With Operation and monitoring functions
- Station Address:**
 - Domain Number: 1
 - Station Number: 64
- Component Number:** (empty)
- Station Comment:** (empty text box)
- Alias of Station:** (empty text box)
- Station Status Display:** (empty text box)
- Upper Equipment Name:** (empty dropdown menu)
- Buttons:** OK, Cancel

รูปที่ 3.16 การสร้างหน่วยอินเตอร์เฟส (HIS)

กำหนดโดเมนเป็น 1 และ ชื่อหน่วยอินเตอร์เฟสเป็น 64 ส่วนอื่นๆ ไม่ต้องกำหนดแล้วคลิก OK จะได้ว่าในโครงสร้าง *THESIS* จะประกอบด้วยหน่วยควบคุม : *FCS0101* และหน่วยอินเตอร์เฟส : *HIS0164*

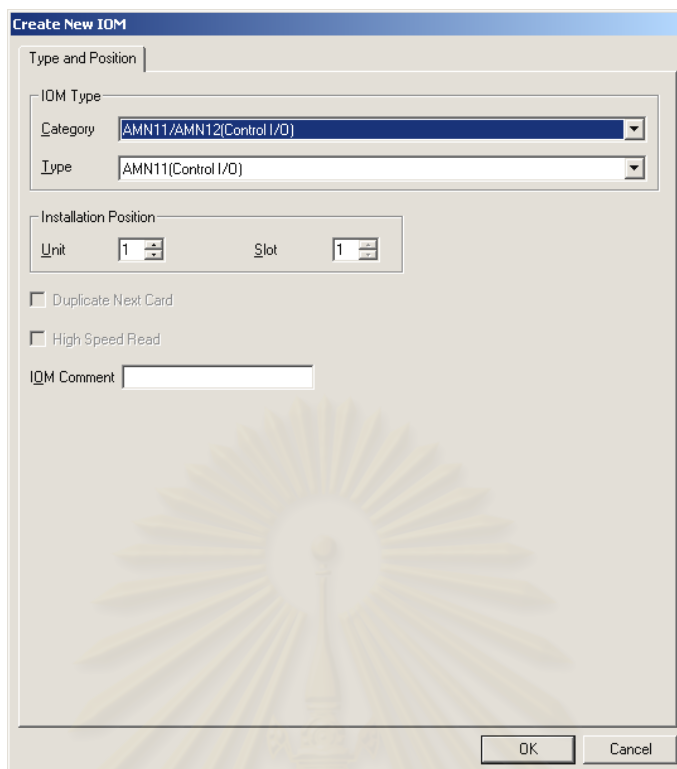
3. กำหนดอินพุตและเอาต์พุตของกระบวนการในระบบ CENTUM CS3000 ใน *System View / THESIS / FCS0101* คลิกที่โฟลเดอร์ *IOM* คลิกเมา์ขวา *Create New / NODE* ดังรูป



รูปที่ 3.17 การสร้างNODEในหน่วยควบคุม (FCS)

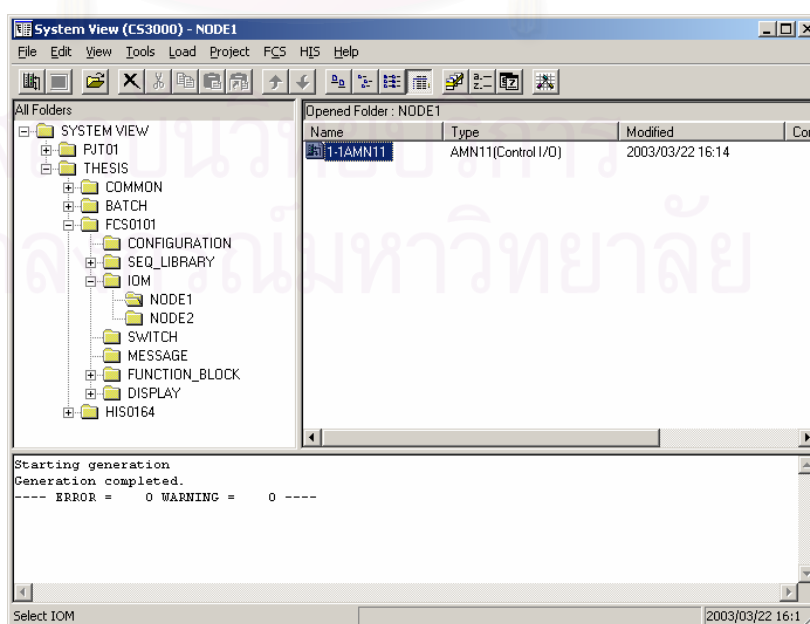
หมายเลข *NODE* สามารถใส่ได้ 8 *NODE* ในหน่วยควบคุม 1 ยูนิตนั้นสามารถมีได้ 8 *NODE* และเลือกว่ามีส่วนจ่ายไฟสำรองหรือไม่ และเลือกชนิดของตู้ที่จะใช้กับ*NODE*นั้น คลิก *OK* จากนั้นจะขึ้น *IOM* ใน *NODE* ที่เราสร้างขึ้น ให้เลือกสร้าง *IOM* ใน *NODE 1* โดยคลิกที่ *NODE 1* คลิกเมาท์ขวา *Create New / IOM* จะปรากฏดังรูป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



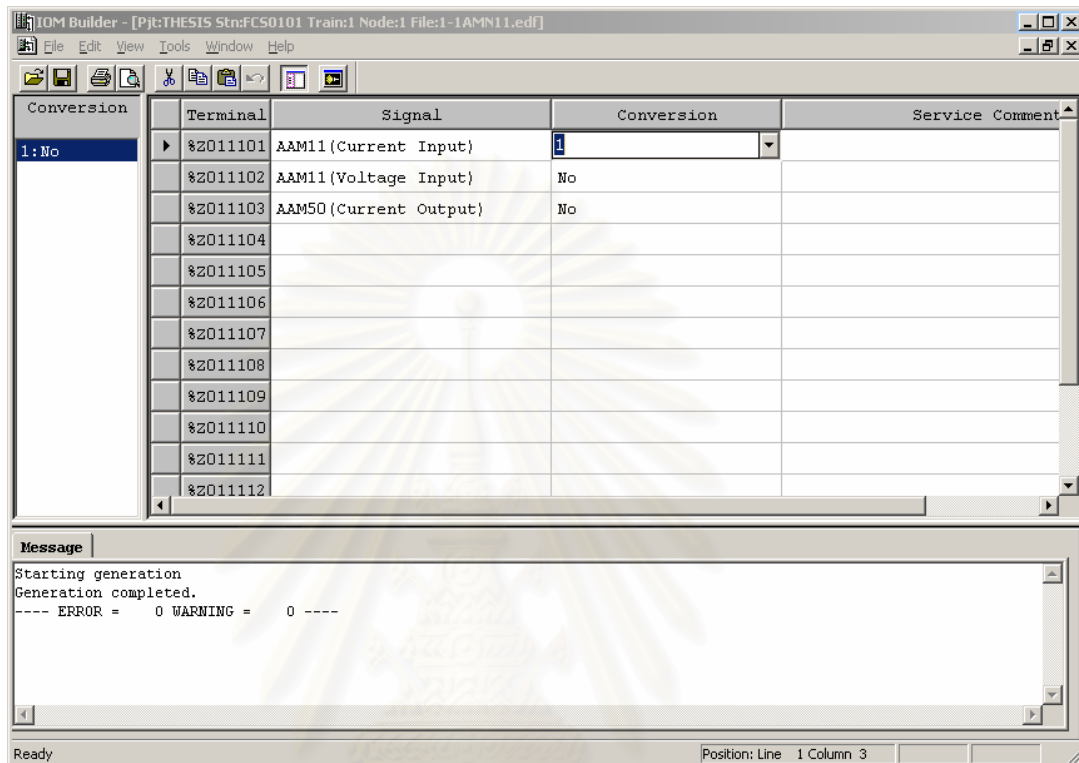
รูปที่ 3.18 การสร้าง IOM ในหน่วยควบคุม (FCS)

จากนั้นเลือกชนิดของอินพุทเอาต์พุทโมดูลซึ่งมีอยู่หลายชนิดให้เราเลือกเป็นแบบควบคุมอินพุทเอาต์พุท (Control I/O) และกำหนดตำแหน่งของอินพุทเอาต์พุทยูนิต ในแต่ละ *NODE* นั้นสามารถกำหนดได้ 5 ยูนิต ในที่นี้ให้กำหนดเป็น 1 จากนั้นกำหนดสล็อตของยูนิต ซึ่งในอินพุทเอาต์พุทโมดูลแต่ละชนิดจะมีจำนวน สล็อต ไม่เท่ากัน กำหนดเป็น 1 คลิก OK จะปรากฏ IOM ขึ้นด้านขวามือดังรูป



รูปที่ 3.19 แสดงไฟล์ของ IOM ใน NODE 1.

จากนั้นไปกำหนดตำแหน่งของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่เข้าและออกจากหน่วยควบคุม โดยการคลิก 2 ครั้ง ที่ *IOM* ทางด้านขวามือดังรูป ทำการเลือกชนิดของสัญญาณแล้วบันทึกไฟล์



รูปที่ 3.20 กำหนดตำแหน่งของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตใน *IOM*

4. การสร้างลูฟการควบคุมไปที่ *FCS0101 / FUNCTION_BLOCK* ด้านขวามือจะปรากฏไฟล์สำหรับการเขียนลูฟควบคุมทั้ง 200 ไฟล์ ในที่นี้จะเรียกว่า *Control Drawing* เมื่อคลิก 2 ครั้ง ที่ *DR0001* แล้วสร้างลูฟควบคุมของตัวอย่างนี้ซึ่งเป็นการควบคุมแบบคาสเคด

- ทำการเลือกฟังก์ชันบล็อกสำหรับควบคุมแบบพีไอดี
- กำหนดชื่อแท็กของฟังก์ชันบล็อกแต่ละตัว เช่น ลูฟควบคุมอุณหภูมินิยมเขียนชื่อแท็กนำหน้าว่า *TICXXX* ตามด้วยหมายเลขของอุปกรณ์ควบคุมในโรงงานชื่อ แท็ก เราสามารถกำหนดได้ไม่เกิน 16 ตัวอักษร
- กำหนดบล็อกสำหรับการรับสัญญาณมาจากตำแหน่งใดของหน่วยควบคุม เช่น วัดอุณหภูมิแล้วส่งสัญญาณมาที่ตำแหน่งที่ 1 ของยูนิตที่ 1 ใน *NODE 1* จะสามารถกำหนดตำแหน่งในบล็อกลิงค์เป็น

%Z011101

%Z เป็นค่ากำหนดของระบบ

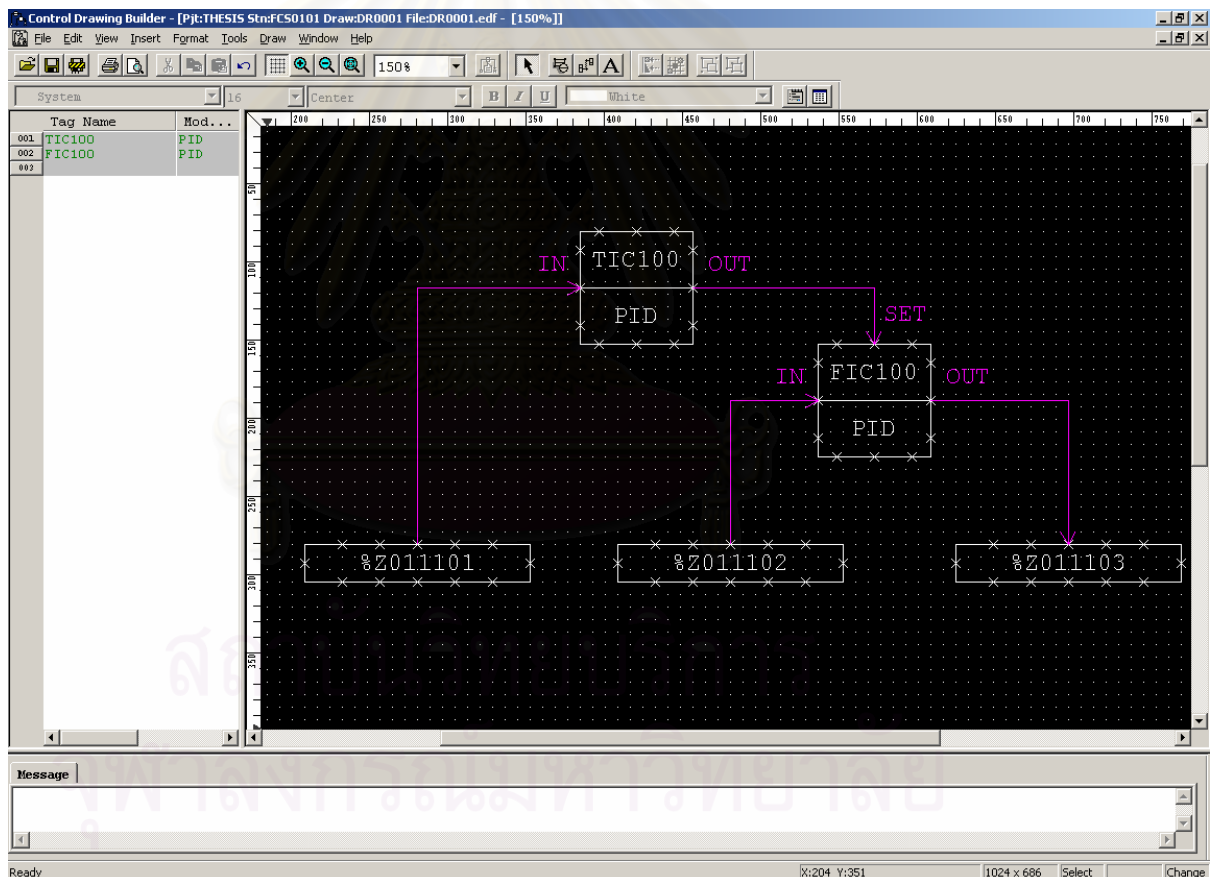
01 ถัดจาก %Z คือ หมายเลข NODE (01-08) ของหน่วยควบคุมตัวนี้

1 หมายถึง หมายเลขยูนิต (1-5)

1 หมายถึง หมายเลข สล็อต (1-4)

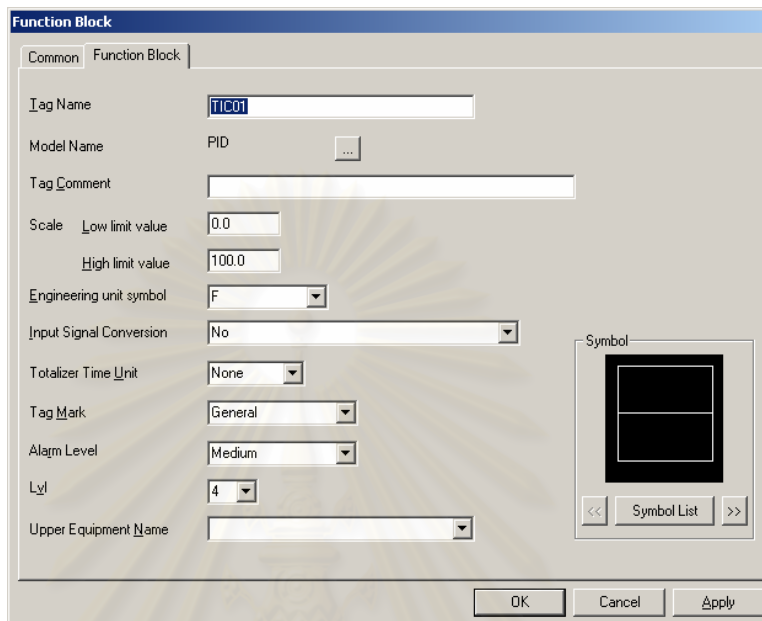
1 หมายถึง หมายเลขขั้วต่อของสัญญาณ (Terminal) (1-32)

- จากนั้นกำหนดขั้วอินพุตและเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก
- ทำการบันทึกไฟล์ถ้ามีของผิดพลาดในการกำหนดจะไม่สามารถบันทึกไฟล์ได้ต้องแก้ไขให้ถูกต้องก่อน



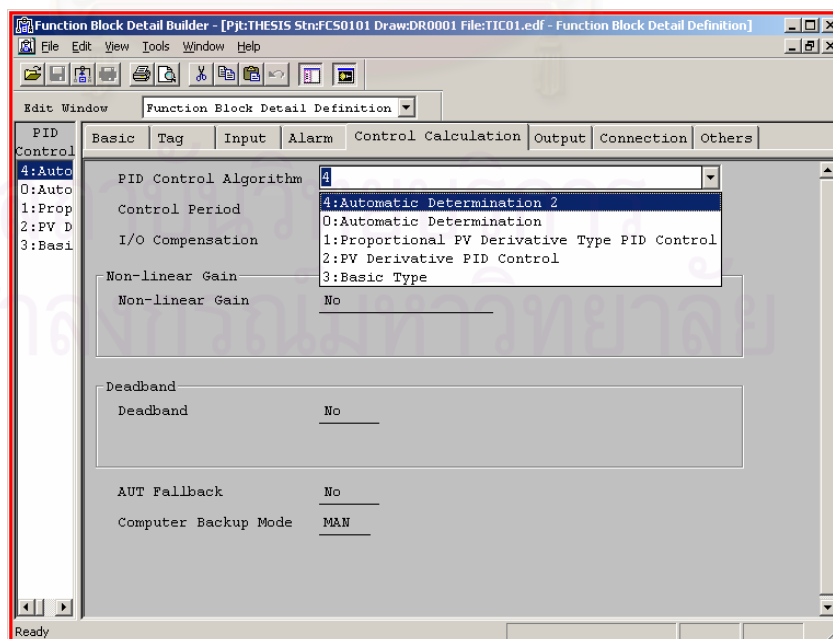
รูปที่ 3.21 แสดงการสร้างลูปควบคุมใน Control Drawing

การกำหนดคุณสมบัติในบล็อกพีไอดี โดยการคลิกที่บล็อกและคลิกเมาท์ขวา เลือก *Properties*



รูปที่ 3.22 แสดงหน้าการกำหนด *Properties* ของแท็ก

ใส่ค่าต่างๆ เช่น คำอธิบายของแท็ก ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแท็ก และหน่วยเป็นต้น การกำหนดรายละเอียดภายในบล็อกพีไอดี โดยการคลิกที่บล็อกและคลิกเมาท์ขวา เลือก *Edit Detail*



รูปที่ 3.23 แสดงหน้าการกำหนดรายละเอียดของแท็ก

ในการกำหนดรายละเอียดของฟังก์ชันบล็อกของแท็กนี้ จะมีการกำหนดพารามิเตอร์หลายตัวเช่น ในส่วนของการคำนวณจะให้ผู้ใช้ กำหนดอัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการซึ่งถ้าไม่กำหนดจะมีค่าที่กำหนดให้อัตโนมติ เป็นต้น

5. จากนั้นสร้างในส่วนของชุดอินเตอร์เฟซ เช่น สร้างหน้ากราฟฟิก, หน้า *Control Group* หน้า *Overview* และหน้า *Trend* เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการ ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึง

6. จากนั้นทำการโหลดโปรแกรมไปที่หน่วยควบคุม (FCS) เพื่อไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการควบคุม และทดสอบโปรแกรม (Test Function) จึงจะนำไปใช้งานกับกระบวนการจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงเปรียบเทียบระหว่างระบบการควบคุมแบบเก่ากับระบบ ดี ซี เอส

คู่มือการควบคุมกระบวนการอัตโนมัติด้วยระบบดีซีเอส ของบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

ข้อเปรียบเทียบ	DCS	Conventional
1. การปฏิบัติการควบคุม ในโรงงาน	- บนจอภาพและ คีย์บอร์ด โดยการเรียก หน้าจอแสดงผล	- บนหน้าตู้ ควบคุมที่พาเนล
2. การปฏิบัติการที่ซับซ้อน	- ผู้ปฏิบัติการอยู่กับที่	- ผู้ปฏิบัติการเดินไปหาพาเนล
3. จำนวนผู้ปฏิบัติการ	- ง่ายต่อการปฏิบัติการ	- ยากต่อการปฏิบัติการ
4. เนื้อที่สำหรับติดตั้ง	- น้อย	- ใช้ผู้ปฏิบัติการมากกว่าในงาน เดียวกัน
5. การเดินสายเชื่อมโยง สัญญาณระหว่างอุปกรณ์	- ใช้เนื้อที่น้อย	- ขึ้นอยู่กับจำนวนพาเนล
6. การแสดงการทำงานของ โรงงาน	- สะดวกเพราะเป็น Cable Bus เส้นเดียว	- ยุ่งยากและใช้สายมาก
7. การบันทึกข้อมูล	- แสดงด้วยกราฟฟิก	- ใช้ MIMIC
8. การบันทึกข้อมูล	- บนจอภาพ	- บนกระดาษของเครื่องบันทึก
9. การแสดงสัญญาณเตือน	- บนฮาร์ดดิส	- บน Annunciator
10. ระบบอินเตอร์ล็อก	- แสดงด้วยภาพและเสียง	- ใช้ ฮาร์ดแวร์และรีเลย์
11. การรายงานข้อมูล	- ใช้ ซอฟต์แวร์	- ผู้ปฏิบัติการจดบันทึกและทำ รายงาน
12. ความสามารถในการขยาย	- พิมพ์บนเครื่องพิมพ์	- ขยายยากขึ้นอยู่กับพื้นที่ และเส้นทางเดินสาย
13. การรวมข้อมูล (Integrate) กับระบบอื่น	- ขยายได้ง่าย	- อาศัยคนเป็นผู้ปฏิบัติการ
14. ความสามารถในการแก้ไข	- ดีกว่าเพราะมี Data Communication	- ยากหรืออาจทำไม่ได้เลย
15. ราคา	- ทำให้สะดวกด้วยซอฟต์แวร์	- ถูกกว่าดีซีเอส ถ้ามีจุดควบคุม น้อย
	- ต้องลงทุนสูงในเบื้องต้น	

จากข้อเปรียบเทียบ จะสังเกตได้ว่าจุดคุ้มทุนอยู่ที่ขนาดของอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ดีซีเอส เป็นโรงงานอุตสาหกรรมหนัก เช่น โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมถลุงเหล็กและเหมือง อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมแก๊ส โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ ผลิตยา อาหาร ผลิตไฟฟ้า คาดว่าขณะนี้จะมีจำนวนมากกว่า 150 ระบบแล้ว และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ

ดีซีเอส ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการสื่อสารข้อมูลกับระบบอื่นๆ ปัจจุบันผู้ผลิตดีซีเอส ได้เล็งเห็นถึงความต้องการในการรวมข้อมูล (Integrate) กับระบบอื่น จึงมีแนวโน้มที่จะพัฒนาระบบให้เป็นระบบเปิด (Open Architecture) เพื่อเปิดกว้างให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาการใช้งานดีซีเอส ร่วมกับระบบคอมพิวเตอร์อื่นได้

ระบบฐานข้อมูลของดีซีเอสมีโครงสร้างเดียวกับของเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะดึงข้อมูลมาวิเคราะห์และเชื่อมเข้ากับระบบข้อมูลเพื่อการบริการและการวางแผนการผลิตได้โดย การเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ที่เรียกว่า Computer Integrated Manufacturing (CIM) หรือ เทคโนโลยีการแลกเปลี่ยนสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์หลายๆ ระบบ CIM ไม่สามารถพัฒนาได้ด้วยคนๆ เดียวต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกๆ ฝ่ายในองค์กร ผู้ปฏิบัติงาน ผู้บริหาร จะต้องได้รับการฝึกอบรมให้มีความรู้ความสามารถ เข้าใจความสำคัญของระบบเนื้อหาข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

โปรแกรมการเขียนแบบเชิงพลวัตและการควบคุมหอกลับ

4.1 บทนำ

การเขียนโปรแกรมแบบจำลองหอกลับนี้เขียนด้วยโปรแกรมภาษาวิซวลซีพลัสพลัส (Visual C++) ซึ่งเขียนโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการกัลตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ได้จากการทำสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน โดยที่ข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารแต่ละชนิดที่มีอยู่ในฐานข้อมูลนี้ ได้มาจากโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ การที่เลือกเขียนโปรแกรมด้วยภาษาวิซวลซี พลัสพลัส (Visual C++) นั้นเนื่องจากต้องการนำผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ ส่งไปเป็นค่าตัวแปรกระบวนการ (Process Variable, PV) ให้กับตัวควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันบล็อก (Function Block) ที่มีอยู่ในระบบดีซีเอสเป็นตัวควบคุมซึ่งตัวควบคุมจะทำการคำนวณค่าสัญญาณออกไปปรับกระบวนการ (Manipulated Variable, MV) การเขียนโปรแกรมของกระบวนการด้วยภาษา วิซวลซี พลัสพลัส (Visual C++) ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่สามารถรับส่งข้อมูลกับ ดีซีเอส รุ่น CENTUM CS3000 ได้โดยใช้ โอฟีซี เซิร์ฟเวอร์ (OPC Server) นอกจากนี้ ภาษา วิซวลซี พลัสพลัส (Visual C++) มีโครงสร้างเป็นแบบโอโอพี (Object Oriented Programming, OOP) เป็นการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมแบบเชิงวัตถุ (Object) คือการสร้างส่วนย่อยของโปรแกรม ที่สามารถทำงานบางอย่างให้สำเร็จได้ และนำส่วนประกอบย่อยๆเหล่านี้มาประกอบกันขึ้นเป็นโปรแกรมใหญ่ เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ทั้งนี้ยังเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายมีคำสั่งอำนวยความสะดวก มากมายและมีประสิทธิภาพสูง

ในการเขียน โปรแกรมการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับนั้นต้องใช้ข้อมูลเริ่มต้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้เขียนได้ข้อมูลของหอแยกบิวเทน (Debutanizer) ของโรงงานแห่งหนึ่งที่มีใช้จริง และมีการรันผลเปรียบเทียบกับโปรแกรมโปรทู (Pro II) ที่ภาวะต่างๆ

ในงานวิจัยนี้เป็นการเขียนโปรแกรมแบบจำลองหอกลับ 2 หอ ที่มีความดันภายในหอแตกต่างกันและมีการนำความร้อนที่ออกจากเครื่องควบแน่นของหอที่มีความดันสูงมาให้ความร้อนกับหม้อต้มซ้ำในหอที่มีความดันภายในหอต่ำ ทั้งนี้ในหอที่มีความดันภายในหอต่ำนี้จะมีหม้อต้มซ้ำช่วยอีกหนึ่งตัวสำหรับการกัลแยก

4.2 ข้อมูลที่ใช้ในส่วนการเลียนแบบเชิงพลวัตของหอกลั่นมีดังนี้

4.2.1 ขนาดและลักษณะของหอกลั่นดังแสดงในรูป 4.1

4.2.2 กำหนดภาวะในการปฏิบัติการของหอกลั่นดังแสดงในรูป 4.2

4.2.3 กำหนดภาวะและองค์ประกอบของสายป้อนดังแสดงในรูป 4.3

4.2.4 กำหนดค่าภาวะเริ่มต้นประกอบด้วย อุณหภูมิ อัตราการไหลของของเหลว และองค์ประกอบของของเหลวในแต่ละเทรย์

4.3 โครงสร้างโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการและการควบคุม

ในส่วนนี้มีโครงสร้างของโปรแกรมประกอบด้วยกัน 4 ส่วนคือ

4.3.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้มีหน้าที่รับข้อมูลต่างๆ ก่อนทำการรันโปรแกรม ดังตัวอย่างของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ แสดงดังรูป

Parameter	Symbol	Value
Total number of plates	: NT	25
Number of trays in stripping section	: NF	9
Weir height in stripping section, inch	: WHS	3.44
Weir height in rectifying section, inch	: WHR	3.44
Column diameter in stripping section, inch	: DS	72
Column diameter in rectifying section, inch	: DR	72
Weir Length in stripping section, inch	: WLS	51.1
Weir Length in rectifying section, inch	: WLR	51.1
Volumetric holdup in column base, ft ³	: MVB	130
Volumetric holdup in reflux drum, ft ³	: MVD	98

รูปที่ 4.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ด้วยการกำหนดขนาดและลักษณะของหอกลั่น

Operating Condition

Pressure in Top of Column, psia : PD 126.57

Pressure in Bottom of Column, psia : PB 133.04

Reboiler heat-duty, MBtu/hr : QR 13.56

Reflex rate, lbmole/hr : R 500

Vapour product, lbmole/hr : DV 0

Murphree vapour-phase efficiency 0.9

OK Cancel

Component Selection

Methane i-Butane Heptane

Methanol n-Butane Octane

Ethane i-Pentane Benzene

Ethanol n-Pentane Toluene

Propane Hexane Ethylbenzene

Detail of Component

Warning : Please select component NOT EXCEED 10 components

OK Cancel

รูปที่ 4.2 กำหนดภาวะในการปฏิบัติการของหอกลั่นและส่วนเลือกชนิดของสายป้อน

Feed Data

Feed Flowrate (lbmole/hr)

Liquid Flowrate (lbmole/hr) 1263.11

Vapour Flowrate (lbmole/hr) 1.9

Feed Temperature (F)

Liquid Temperature (F) 233.6

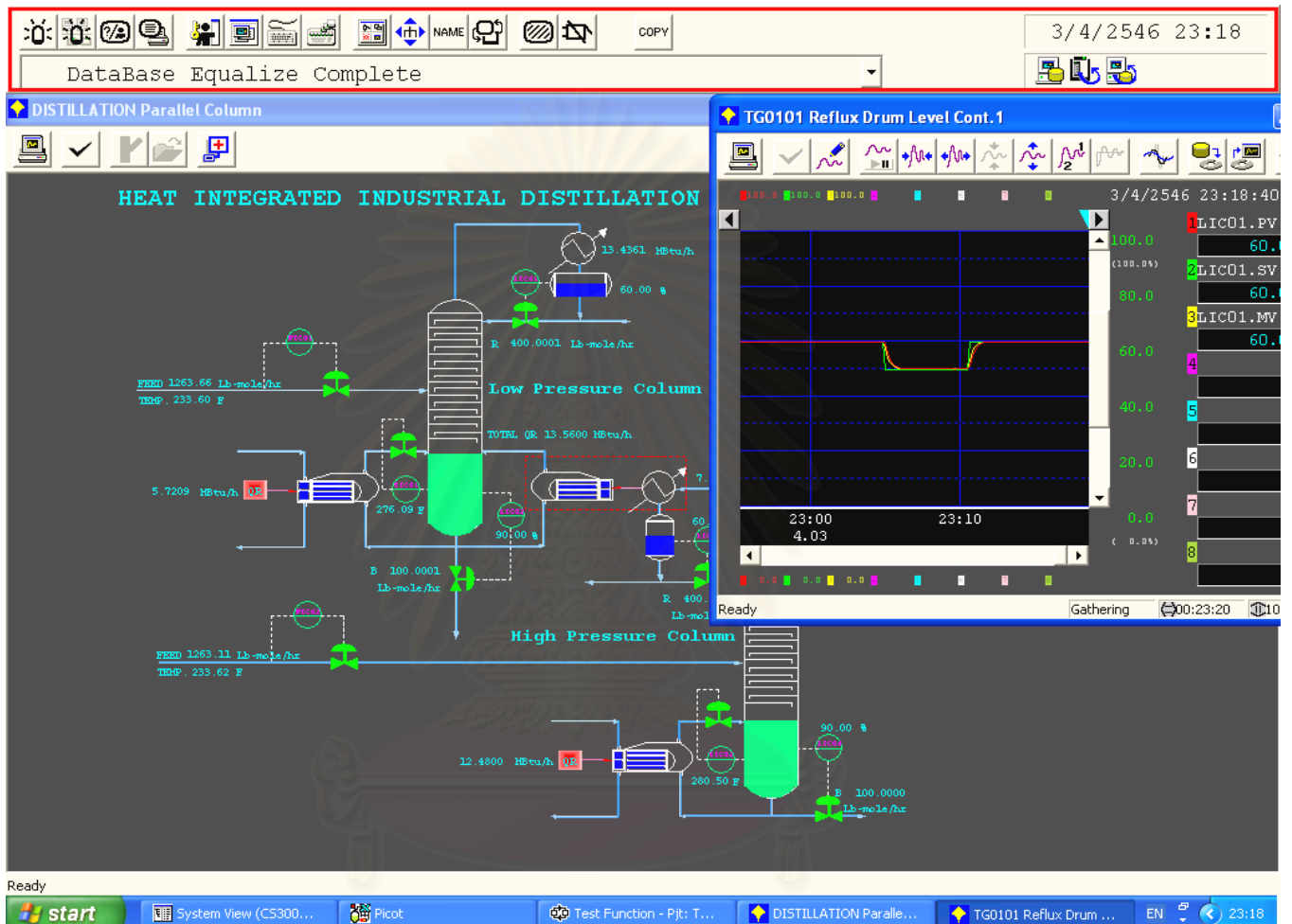
Vapour Temperature (F) 233.6

	Liquid Phase Composition (Mole Fraction)		Vapour Phase Composition (Mole Fraction)	
	X		Y	
PROPANE	X1	0.03873	Y1	0.1353
I-BUTANE	X2	0.03772	Y2	0.07596
N-BUTANE	X3	0.1672	Y3	0.27746
I-PENTANE	X4	0.20764	Y4	0.19462
N-PENTANE	X5	0.22923	Y5	0.18776
HEXANE	X6	0.31947	Y6	0.12889
	X7	0	Y7	0
	X8	0	Y8	0
	X9	0	Y9	0
	X10	0	Y10	0

OK Cancel

รูปที่ 4.3 กำหนดภาวะและองค์ประกอบของสายป้อน

นอกจากส่วนของการทำงานกำหนดภาวะต่างๆ ของหอกั่นแล้ว จะมีหน้ากราฟิกที่แสดงผลการปฏิบัติการซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในหน้านี้ได้และสามารถเรียกดูแนวโน้มของค่าตัวแปรตามเวลาได้ ดังรูป



รูปที่ 4.4 แสดงผลการปฏิบัติการโดยหน้ากราฟิกและกราฟแสดงผลตามเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.2 ส่วนการเขียนแบบกระบวนการ

ในระบบ CENTUM CS3000 นั้นมีลิบรารีที่เป็นฟังก์ชันบล็อกที่สามารถใช้เป็นแบบจำลองแทนลักษณะของกระบวนการได้ เช่น DLAY แทนกระบวนการอันดับหนึ่งมีเดดไทม์ (First Order Plus Deadtime) เมื่อเลือกบล็อก DLAY มาแทนกระบวนการแล้วต้องกำหนดพารามิเตอร์ภายในฟังก์ชันบล็อก จากนั้นทำการเชื่อมต่อกับฟังก์ชันบล็อกอื่น เช่น ตัวควบคุมแบบพีไอดี (PID) ทำให้วิศวกรหรือพนักงานควบคุมได้ศึกษาหรือฝึกรอบมก่อนที่จะทำการตัดสินใจทำการใดๆ ลงไป

ในการเขียนแบบหอกลั่นนี้เนื่องจากฟังก์ชันบล็อกที่มีอยู่ภายในลิบรารีของ CENTUM CS3000 จะมีฟังก์ชันบล็อกที่สามารถทำการเขียนแบบด้วยแบบจำลองที่มีตัวแปรควบคุมตัวเดียวได้ดี แต่ไม่มีฟังก์ชันบล็อกแบบจำลองที่มีตัวแปรควบคุมหลายๆตัวแปร ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเขียนโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการของหอกลั่นโดยใช้โปรแกรม วิวิลลชี พลัส พลัส (Visual C++) จากนั้นจึงทำการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการของหอกลั่นกับฟังก์ชันบล็อกของการควบคุมของ CENTUM CS3000 ในโปรแกรมการเขียนแบบกระบวนการนี้จะมีลำดับขั้นการคำนวณดังนี้

1. ใส่ข้อมูลขนาดของหอกลั่น สารป้อนที่ต้องการกลั่น กำหนดภาวะในการปฏิบัติการของหอกลั่น กำหนดภาวะและองค์ประกอบของสายป้อน กำหนดค่าภาวะเริ่มต้น ประกอบด้วยอุณหภูมิ อัตราการไหลของของเหลวและองค์ประกอบของของเหลวในแต่ละเทรย์
2. คำนวณค่าโสตค์อัพเริ่มต้นในแต่ละเทรย์ และค่าโปรไฟล์ของความดัน
3. คำนวณอุณหภูมิ และค่าองค์ประกอบของไอจากข้อมูลสมดุลไอและของเหลว
4. คำนวณค่าเอนทาลปีของของเหลวและไอ
5. คำนวณอัตราการไหลของไอในแต่ละเทรย์ เริ่มตั้งแต่ส่วนฐานของหอไปจนถึงยอดหอ โดยใช้สมการดุลพลังงาน
6. คำนวณค่าอนุพันธ์ของสมการดุลมวลสารขององค์ประกอบทั้งหมดในแต่ละเทรย์ รวมถึงในรีฟลักซ์ดรัมและฐานหอกลั่น
7. อินทิเกรตสมการอนุพันธ์ทั้งหมด โดยใช้วิธีของออยเลอร์ (Euler Method)

8. คำนวณค่าไฮดรอลิกของของเหลวทั้งหมดจากค่าไฮดรอลิกขององค์ประกอบต่างๆ จากนั้นคำนวณค่าอัตราส่วน โดยโมลของของเหลวใหม่จากค่าไฮดรอลิกขององค์ประกอบและค่าไฮดรอลิกอัตรรวม

9. คำนวณอัตราการใช้ของเหลวใหม่

10. กลับไปคำนวณขั้นตอนที่สาม และทำซ้ำทั้งหมดในลำดับเวลาต่อไป

4.3.3 โปรแกรมเชื่อมต่อระหว่างส่วนของการเลียนแบบกระบวนการกับการควบคุม

ในส่วนนี้เราใช้ โอพีซี (Object Linking and Embedding for Process Control, OPC) โดยทั่วไปซอฟต์แวร์ของ OPC Server นี้จะเป็นซอฟต์แวร์เสริมที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลจากกระบวนการโดยผ่านฟังก์ชันบล็อกที่มีอยู่ในระบบ CENTUM CS3000 กับโปรแกรมอื่นเพื่อให้การควบคุมดีขึ้นหรือเพื่อนำข้อมูลของกระบวนการไปแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ตัวอื่น โดยไม่ต้องมีซอฟต์แวร์ของ CENTUM CS3000 ส่วนใหญ่โปรแกรมที่ใช้เขียนเพื่อการเชื่อมต่อของ OPC Server ของระบบ CENTUM CS3000 นี้จะใช้เป็น วิวาลเบสิก (Visual Basic) หรือ วิวาลซีพลัสพลัส (Visual C++)

ดังนั้นจึงต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณในส่วนการเลียนแบบกระบวนการส่งไปเป็นค่าตัวแปรของกระบวนการให้กับตัวควบคุม และตัวควบคุมทำการคำนวณแล้วส่งค่าตัวแปรปรับกระบวนการไปยังโปรแกรมจำลองกระบวนการ

การติดต่อกันของตัวแปรในระบบ CENTUM CS3000 กับโปรแกรมแบบจำลองนั้น โดยในระบบ CENTUM CS3000 จะทำการกำหนดชื่อแท็กเพื่อรับค่าตัวแปรต่างๆ จากโปรแกรม โดยแยกเป็น 2 หอ ดังนี้

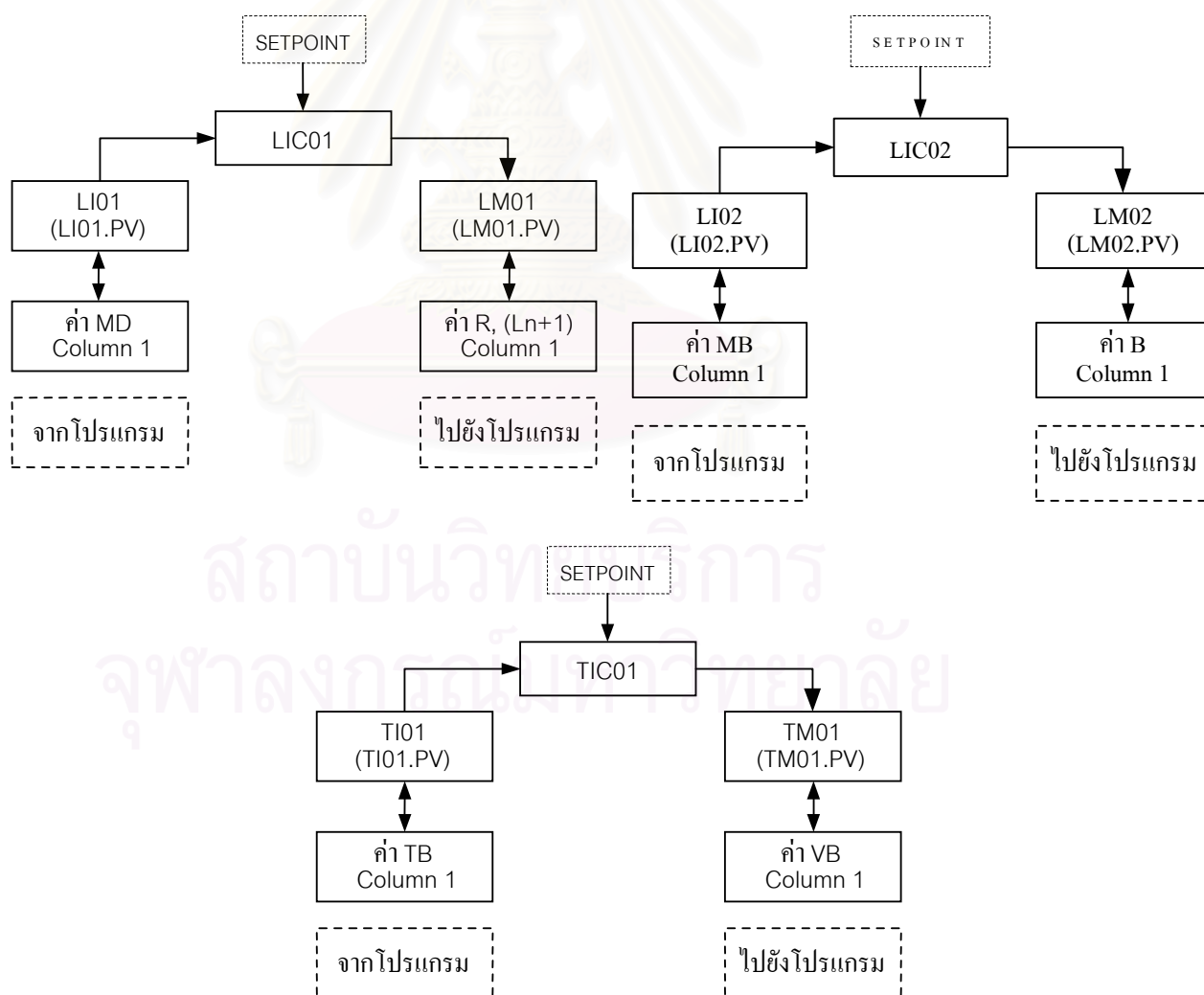
- การกำหนดชื่อแท็กและค่าตัวแปรต่างๆ ในหอกลั่นความดันต่ำ (Low Pressure Column)

ชื่อแท็กสำหรับการควบคุม

- LIC01 เป็นตัวควบคุมระดับในถังรีฟลักซ์ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ LI01 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า MD ของหอกลั่นความดันต่ำ (Column 1) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการจากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ LM01 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ R ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ

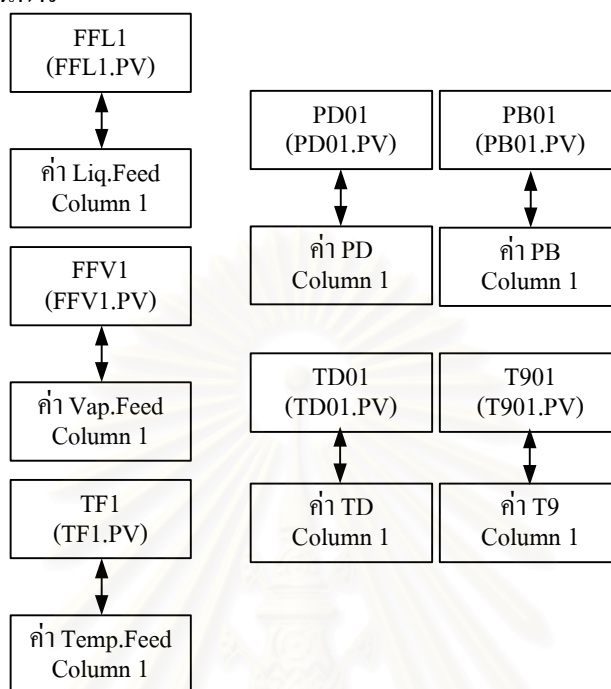
- LIC02 เป็นตัวควบคุมระดับที่กั้นหอ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ LI02 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า MB ของหอกลั่นความดันต่ำ (Column 1) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการจากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ LM02 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ B ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ

- TIC01 เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่กั้นหอ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ TI01 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า TB อุณหภูมิที่กั้นหอของหอกลั่นความดันต่ำ (Column 1) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการจากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ TM01 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ VB ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ



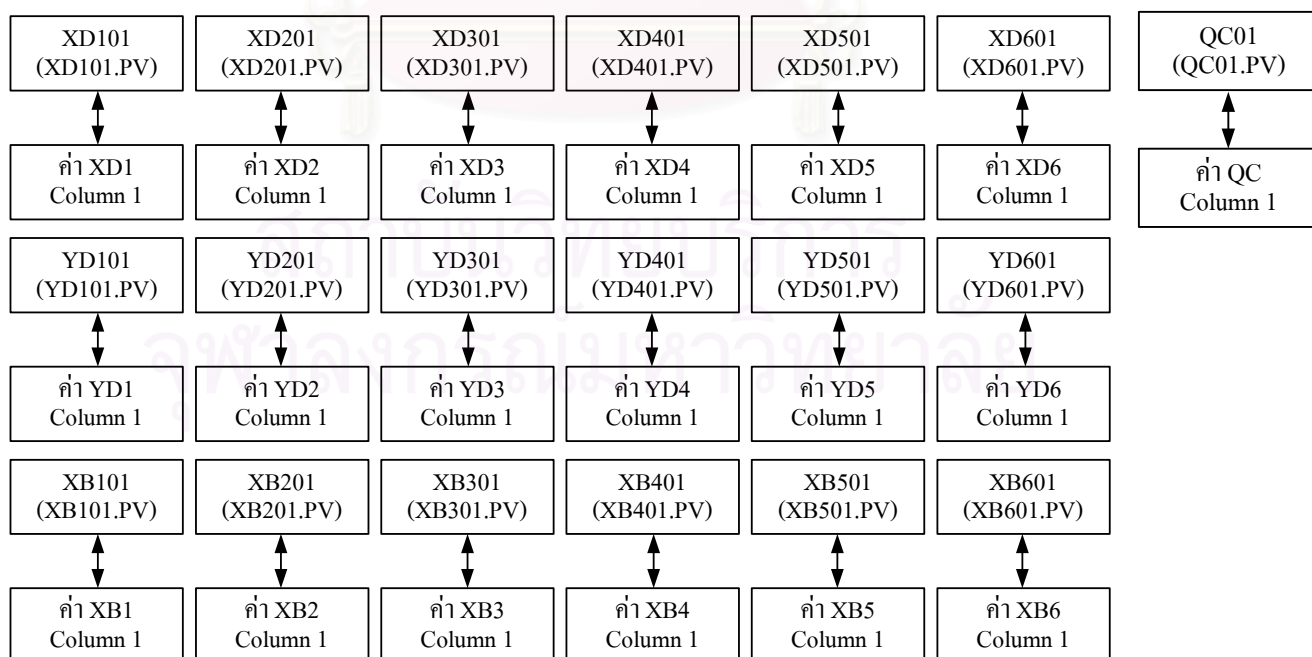
ชื่อแท็กสำหรับแสดงและกำหนดค่าได้ที่ CENTUM CS3000 ให้กับโปรแกรม

เขียนแบบกระบวนการ



ชื่อแท็กสำหรับแสดงค่าตัวแปรจากการคำนวณของโปรแกรมเขียนแบบ

กระบวนการ ได้ในระบบ CENTUM CS3000



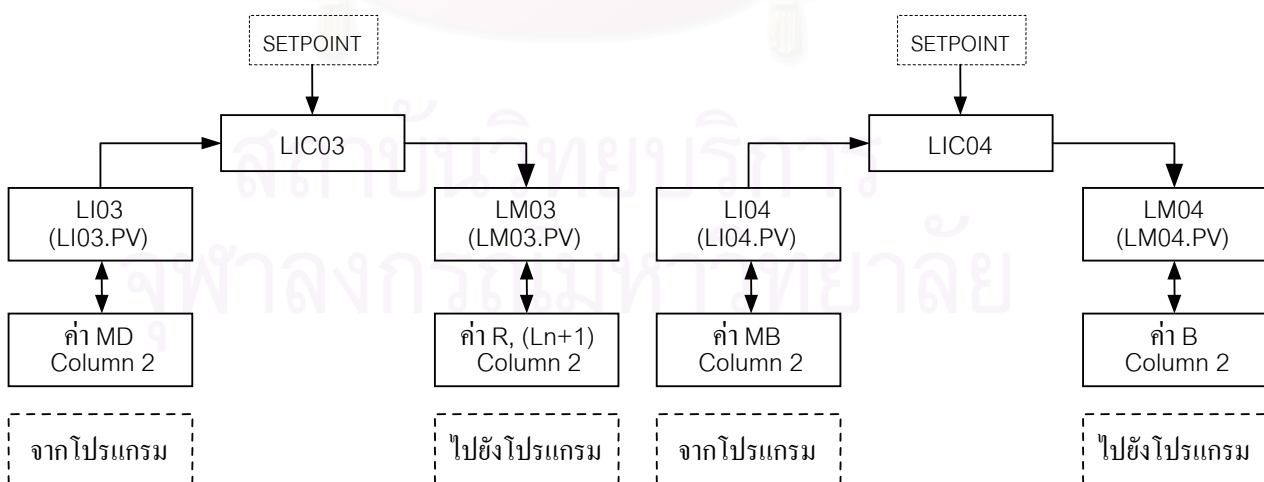
● การกำหนดชื่อแท็กและค่าตัวแปรต่างๆ ในหอคolumnความดันสูง (High Pressure Column)

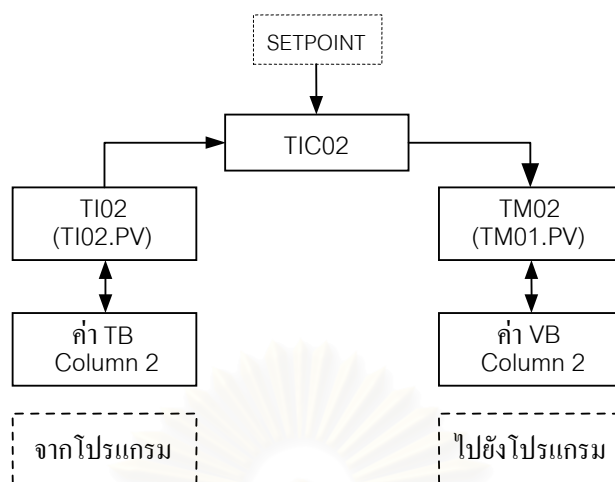
ชื่อแท็กสำหรับการควบคุม

- LIC03 เป็นตัวควบคุมระดับในถังรีฟลักซ์ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ LI03 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า MD ของหอคolumnความดันสูง (Column 2) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการ จากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ LM03 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ R ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ

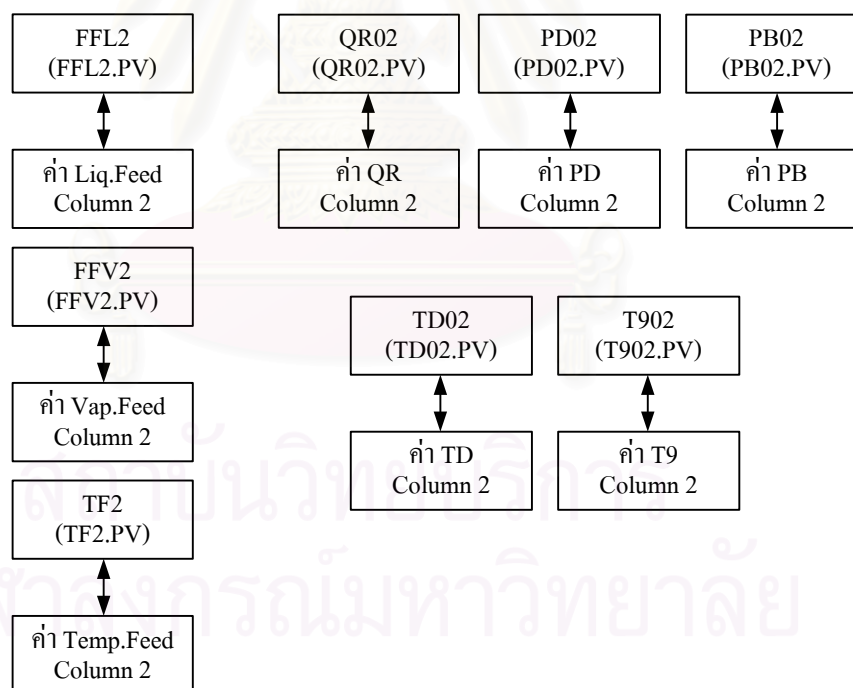
- LIC04 เป็นตัวควบคุมระดับที่ก้นหอ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ LI04 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า MB ของหอคolumnความดันสูง (Column 2) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการ จากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ LM04 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ B ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ

- TIC02 เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่ก้นหอ จะรับสัญญาณจากค่า PV (Process Variable) ของ TI02 ซึ่งแท็กนี้จะรับข้อมูลมาจากค่า TB อุณหภูมิที่ก้นหอของหอคolumnความดันสูง (Column 2) และรับค่าที่ต้องการจากผู้ปฏิบัติการ จากนั้นคำนวณค่าสัญญาณปรับกระบวนการ MV (Manipulated Variable) ส่งไปเป็นค่า PV (Process Variable) ของ TM02 โดยที่ค่านี้จะถูกส่งไปปรับ VB ให้กับโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ

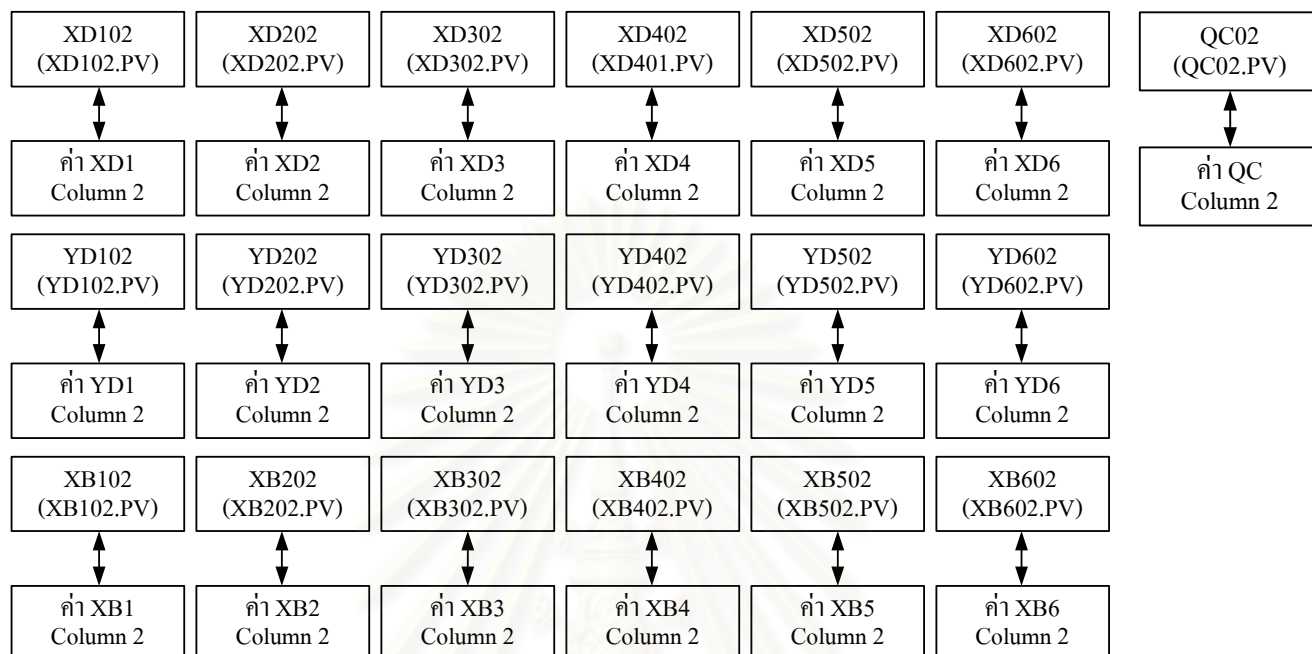




ชื่อแท็กสำหรับแสดงและกำหนดค่าได้ที่ CENTUM CS3000 ให้กับโปรแกรม
เขียนแบบกระบวนการ



ชื่อแท็กสำหรับแสดงค่าตัวแปรจากการคำนวณของโปรแกรมเลียนแบบ
กระบวนการได้ในระบบ CENTUM CS3000



4.3.4 ส่วนของตัวควบคุม

ตัวควบคุมที่ใช้เป็นตัวควบคุมแบบป้อนกลับ ประกอบด้วยตัวควบคุมแบบ พี (P) พีไอ (PI) และ พีไอดี (PID) ตัวควบคุมที่ใช้จะเป็นฟังก์ชันบล็อกที่มีอยู่แล้วในระบบ CENTUM CS3000 ซึ่งฟังก์ชันบล็อกควบคุมนี้จะรับค่าตัวแปรกระบวนการมาจากโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ จากนั้นตัวควบคุมจะคำนวณค่าตัวแปรกระบวนการแล้วส่งไปยังกระบวนการ ในงานวิจัยนี้ใช้โครงสร้างของการควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง

การควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ถือเป็นตัวแปรหลักของการกลั่น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์ตามความต้องการ ซึ่งถือเป็นจุดประสงค์หลักในกระบวนการกลั่น การกลั่นแยกกันนั้นจะได้สารองค์ประกอบเบาในสายป้อนออกเป็นผลิตภัณฑ์ยอดหอและสารองค์ประกอบหนักในสายป้อนออกเป็นผลิตภัณฑ์ก้นหอ ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวนี้อาจมีตัวใดตัวหนึ่งที่มีคุณค่ามากกว่าและเป็นที่ต้องการ จึงต้องควบคุมกระบวนการกลั่นให้อยู่ในสถานะที่ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีค่าน้อยก็ไม่จำเป็นต้องควบคุมเพียงแต่รักษาการทำงานให้ได้ตามต้องการเท่านั้น ซึ่งจะเป็นกรณีการควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง

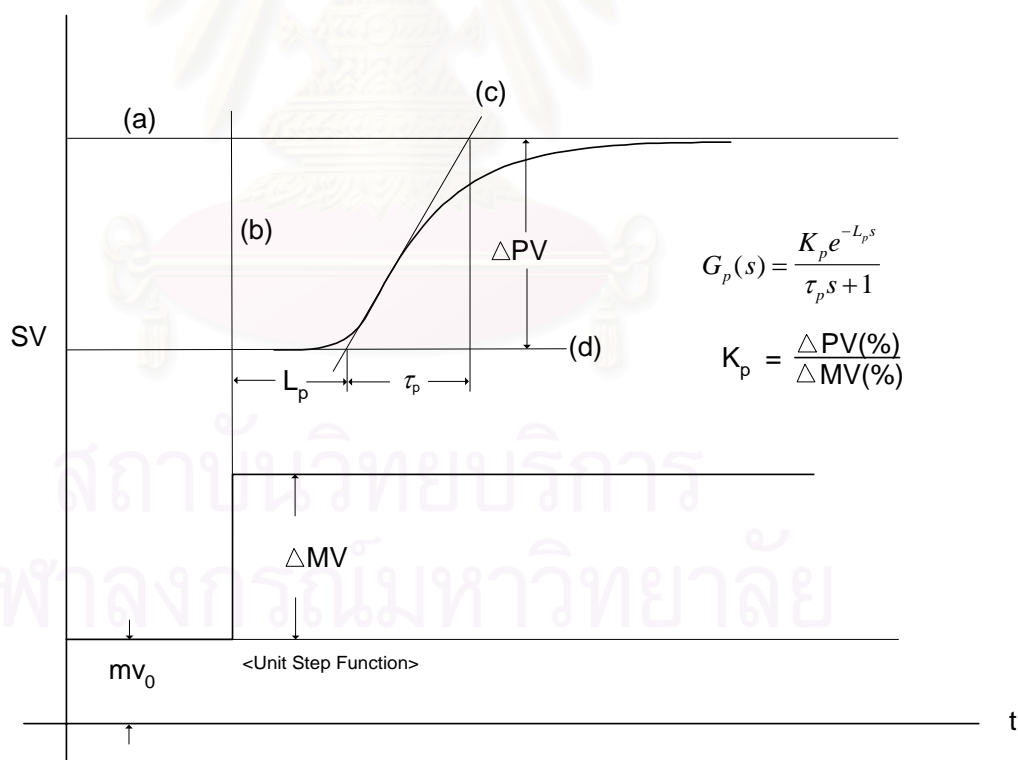
ในงานวิจัยนี้ในแต่ละหอจะมีตัวแปรที่ทำการควบคุม 3 ตัว คือ อุณหภูมิแก๊สออกของของเหลวในถังรีฟลักซ์ดรัม และระดับของของเหลวในหอ

4.4 วิธีจูนตัวควบคุม

ตัวแปรที่ทำการควบคุม 3 ตัว คือ อุณหภูมิแก๊สออกของของเหลวในถังรีฟลักซ์ และระดับของของเหลวในหอ

4.4.1 วิธีจูนตัวควบคุมระดับ

1. ปรับตัวควบคุมระดับให้ควบคุมแบบแมนวอล
2. จากนั้นเปลี่ยนค่าปรับกระบวนการ (MV) เพิ่มขึ้นจากเดิม 10%
3. บันทึกผลการตอบสนองของตัวแปรกระบวนการจนกระทั่งค่าตัวแปรกระบวนการคงที่ หาพารามิเตอร์ในการตอบสนองของกระบวนการ เช่น ค่าเกินของกระบวนการ เดดไทม์ เป็นต้น ดังในรูป



รูปที่ 4.5 การคำนวณหาค่า PID จากผลของ Reaction Curve ตามหลักการของ Zieler & Nichols

4. จากนั้นนำผลที่ได้ในข้อ 3. มาหาค่าพารามิเตอร์ในการควบคุมตามหลักการของ Zieler & Nichols ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงสูตรการกำหนดค่าพีไอดี (PID) ตามหลักการของ Zieler & Nichols.

Control	PB	TI(sec)	TD(sec)
P	$100 \left K_p \right \frac{L_p}{\tau_p}$	∞	0
PI	$110 \left K_p \right \frac{L_p}{\tau_p}$	$3.3L_p$	0
PID	$83 \left K_p \right \frac{L_p}{\tau_p}$	$2L_p$	$0.5L_p$

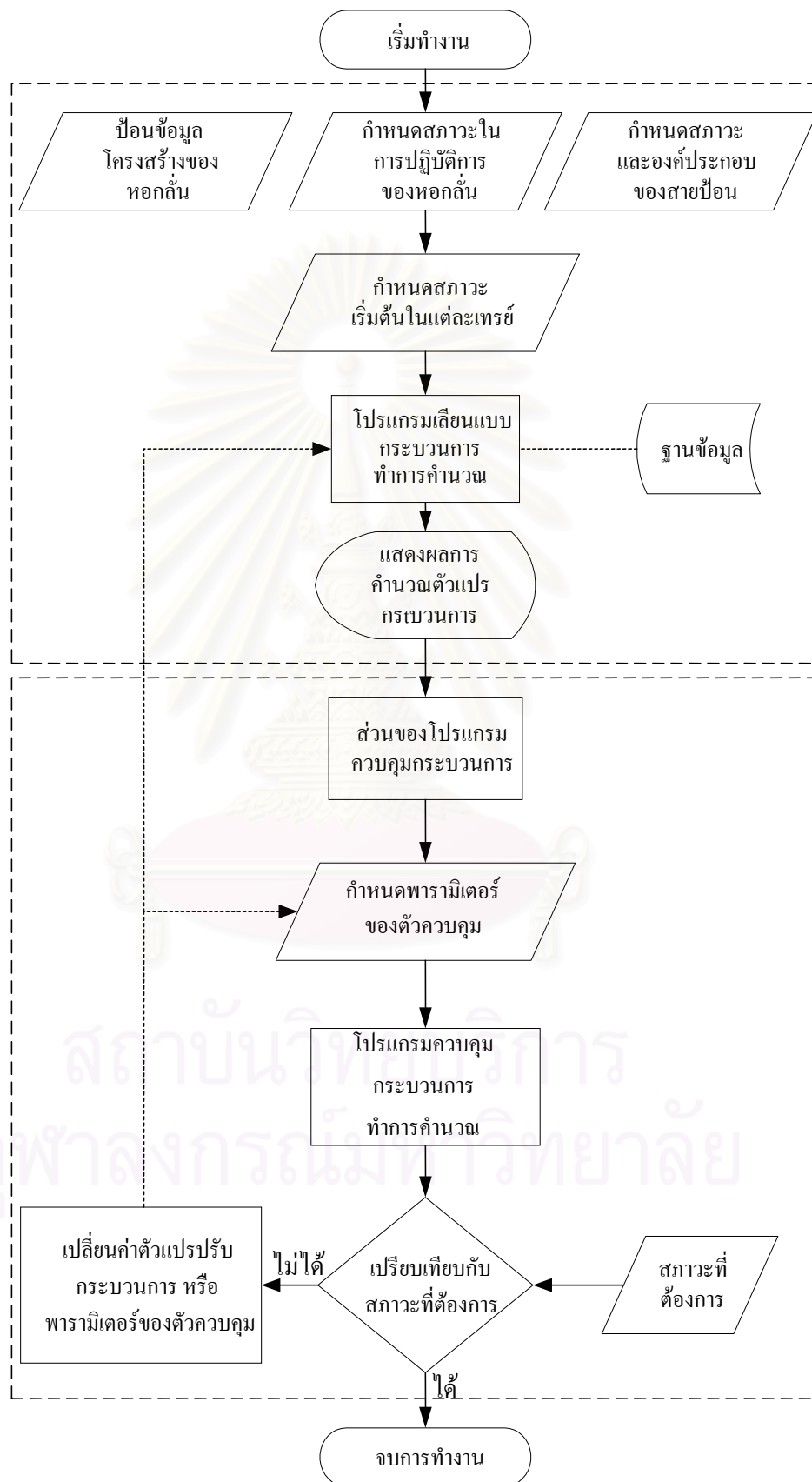
5. นำค่าพารามิเตอร์ในการควบคุมที่หาได้ไปใส่ให้กับตัวควบคุม แล้วทดลองเข้าโหมดการควบคุมอัตโนมัติ คุณตอบสนองของกระบวนการถ้าการควบคุมยังไม่ได้ดีต้องค่อยๆจนแบบละเอียดอีกครั้ง จนกระทั่งได้การตอบสนองของระบบเป็นที่พอใจหรือยอมรับได้

4.4.2 วิธีจูนตัวควบคุมอนุกรม

ในกระบวนการของหากลั่นนี้มีอุปกรณ์ควบคุมอยู่หลายชุด ซึ่งแต่ละชุดมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ดังนั้นการจูนตัวควบคุมอนุกรมในงานวิจัยนี้ให้ตัวควบคุมอนุกรมเป็นการควบคุมแบบลูปเดี่ยว (Single Loop Control) โดยมีการจูนดังนี้

1. ปรับตัวควบคุมระดับดังที่ได้หามาแล้วให้เหมาะสม และปรับอุปกรณ์ควบคุมเป็นแบบแมนวล (Manual Control) ซึ่งค่าเอาต์พุตจะคงที่
2. ปรับตัวควบคุมอนุกรมที่ต้องการจูน ให้ตัวควบคุมเป็นแบบแมนวล (Manual Control) แล้วทำการปรับจูนอุปกรณ์ควบคุมแบบลูปเดี่ยว หลักการของ Zieler & Nichols ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อวิธีจูนตัวควบคุมระดับจนกระทั่งได้ค่าที่ต้องการ
3. หลังจากนั้นปรับตัวควบคุมทั้งหมดให้เป็นแบบอัตโนมัติโดยใช้ค่าจูนที่ได้
4. ถ้าหากเกิดผลกระทบระหว่างลูปรุนแรงให้ทำการจูนใหม่ โดยการลดค่าเกน และเพิ่มค่าเวลาอินทิเกรตสำหรับอุปกรณ์ควบคุมที่มีความสำคัญน้อยกว่า

4.5 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 4.6 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม

บทที่ 5

ผลการเลียนแบบเชิงพลวัตของหอกถัน

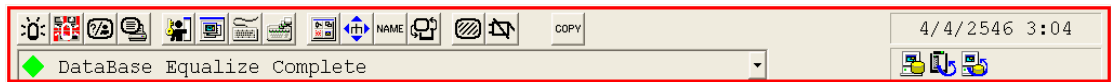
ในบทนี้จะกล่าวถึงลำดับขั้นของการใช้งานโปรแกรมแบบจำลองหอกถันที่เขียนด้วยโปรแกรมภาษา วิชาวล ซี พลัสพลัส (Visual C++) และการควบคุมด้วยระบบ ดีซีเอส การใช้งานส่วนต่างๆ ของโปรแกรมที่ใช้ในการปฏิบัติการ การแสดงผลการรันโปรแกรมรวมถึงการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยการรันโปรแกรม จำลองหอกถันเชิงพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงลูปเปิด) กับโปรแกรมแบบจำลองหอกถันแบบพลวัต ในหนังสือ Process Modelling, Simulation, and Control For Chemical Engineers. ซึ่งเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาฟอร์แทรน (Fortran) สำหรับสารป้อนหลายองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ ที่ภาวะเดียวกัน นอกจากนั้นเปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกถันแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงลูปเปิด) กับโปรแกรมโปรทูล (PRO II) สำหรับสารป้อนหลายองค์ประกอบ 6 องค์ประกอบที่ภาวะเดียวกัน

5.1 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมการเลียนแบบหอกถันในระบบดีซีเอส

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการใช้งานของโปรแกรม การที่จะรันโปรแกรม CENTUM CS3000 ได้นั้นระบบปฏิบัติการนั้นต้องเป็น Windows 2000 หรือ Windows XP ในการเรียกใช้งานของโปรแกรมจะเข้าไปยังหน้ากราฟฟิกของ CENTUM CS3000 ที่ได้สร้างไว้ ชื่อ *DISTILLATION* การเข้าไปยังหน้ากราฟฟิกปฏิบัติดังนี้

1. คลิกที่ *start* แล้วเลือกโปรแกรม *YOKOGAWA CENTUM* และ *System View* จากนั้นเลือกโครงการชื่อ *THESIS* ซึ่งในนี้จะประกอบด้วยส่วนต่างๆของโปรแกรม ให้เลือกคลิกที่ *FCS0101* แล้วคลิกที่ *Menu FCS* และเลือก *Test Function* จากนั้นรอจนกระทั่งขึ้นหน้าจอ *System Message* ที่มีเมนูให้เลือกปฏิบัติงานหลายๆ อย่าง ดังรูป สาเหตุที่ต้องทำเช่นนี้เนื่องจากระบบควบคุมที่เราใช้ไม่ได้ต่อกับส่วนของการควบคุมกระบวนการ (FCS) ดังนั้น จึงต้องกำหนดให้เครื่องทำงานตามฟังก์ชันของการควบคุมด้วยการ *Test Function*



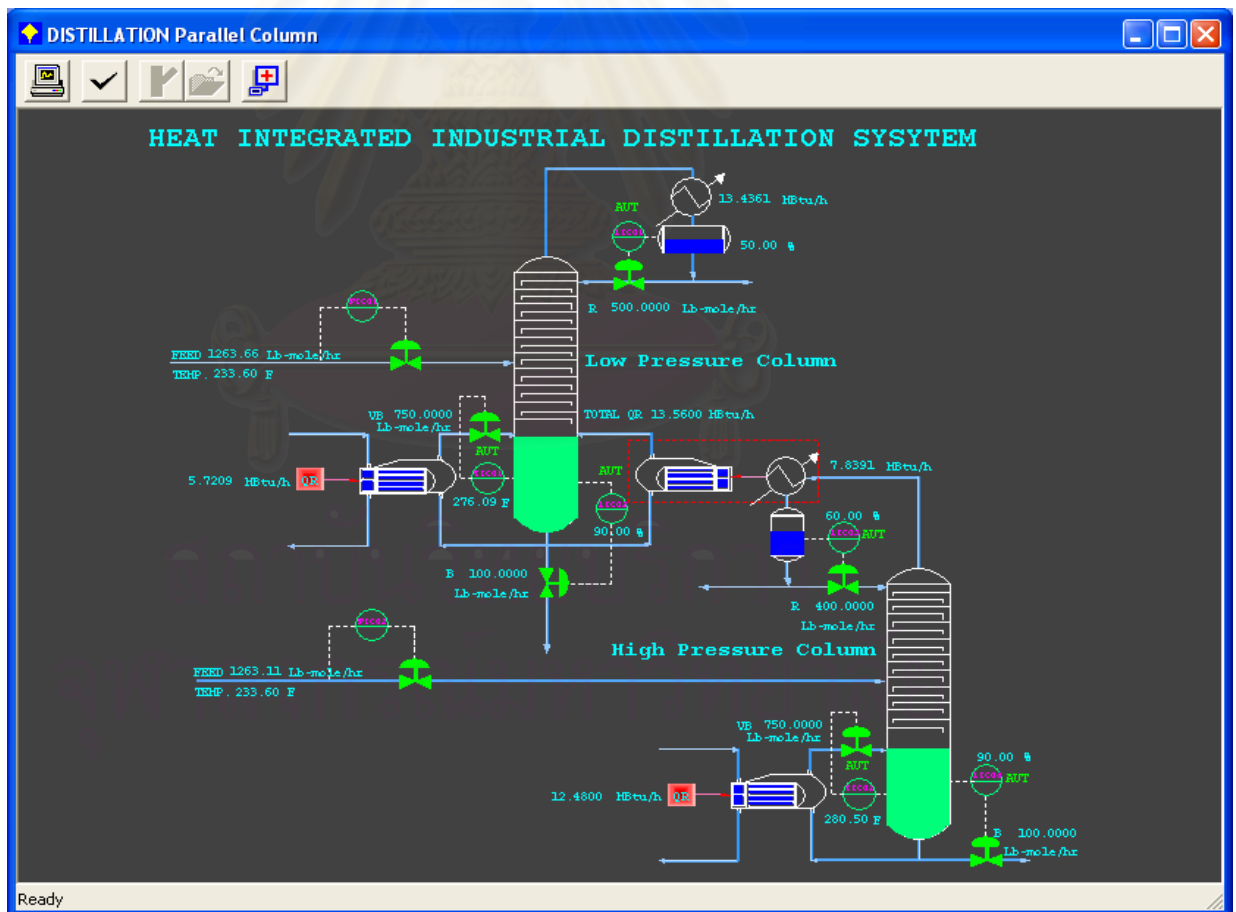
รูปที่ 5.1 แสดงหน้า System Message

2. เรียกหน้ากราฟิกจากหน้า System Message โดยการคลิกที่เมนู NAME แล้วใช้ชื่อหน้ากราฟิกนั้น



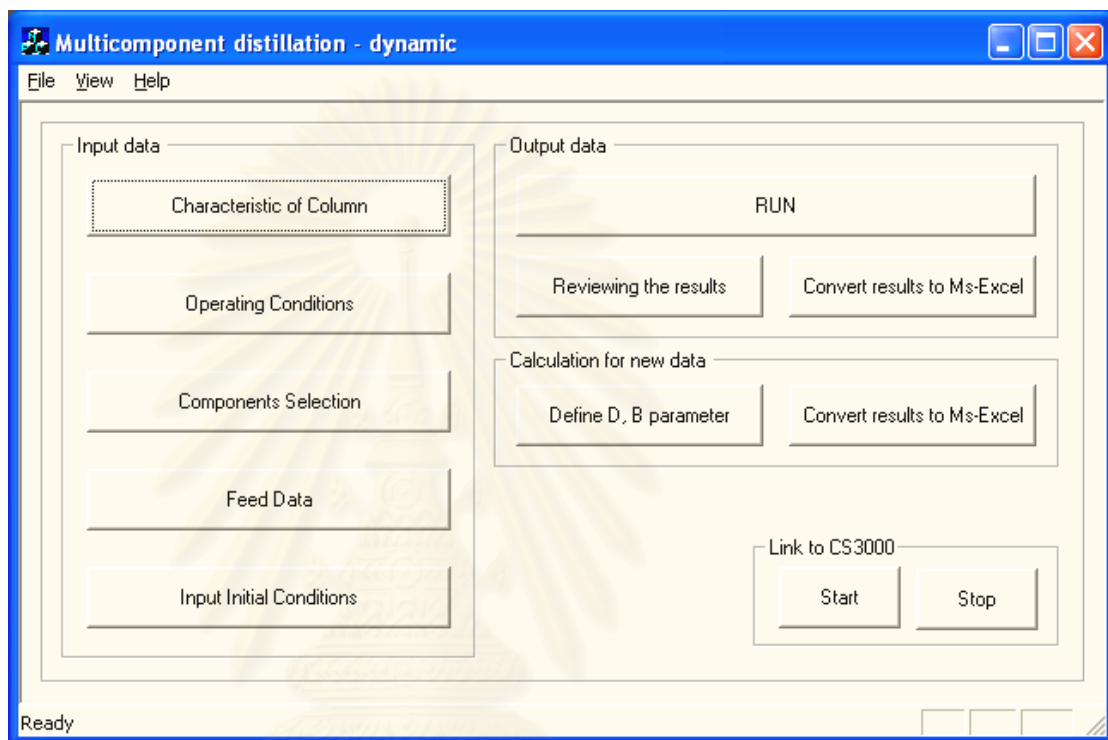
รูปที่ 5.2 แสดงการเรียกหน้ากราฟิก

เมื่อกด OK หรือ Enter แล้วจะปรากฏหน้าจอสำหรับปฏิบัติการดังรูป



รูปที่ 5.3 แสดงหน้ากราฟิกสำหรับปฏิบัติการ

3. ขั้นตอนการเรียกโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการเพื่อกำหนดภาวะในการกลั่นโดยคลิกที่รูปหอกกลั่น ในหน้ากราฟิกเลือกกำหนดทีละห่อ กำหนดห่อใดก่อนก็ได้ เมื่อคลิกที่หอกกลั่นแล้วจะปรากฏเมนูขึ้นมาบนหน้ากราฟิกดังรูป



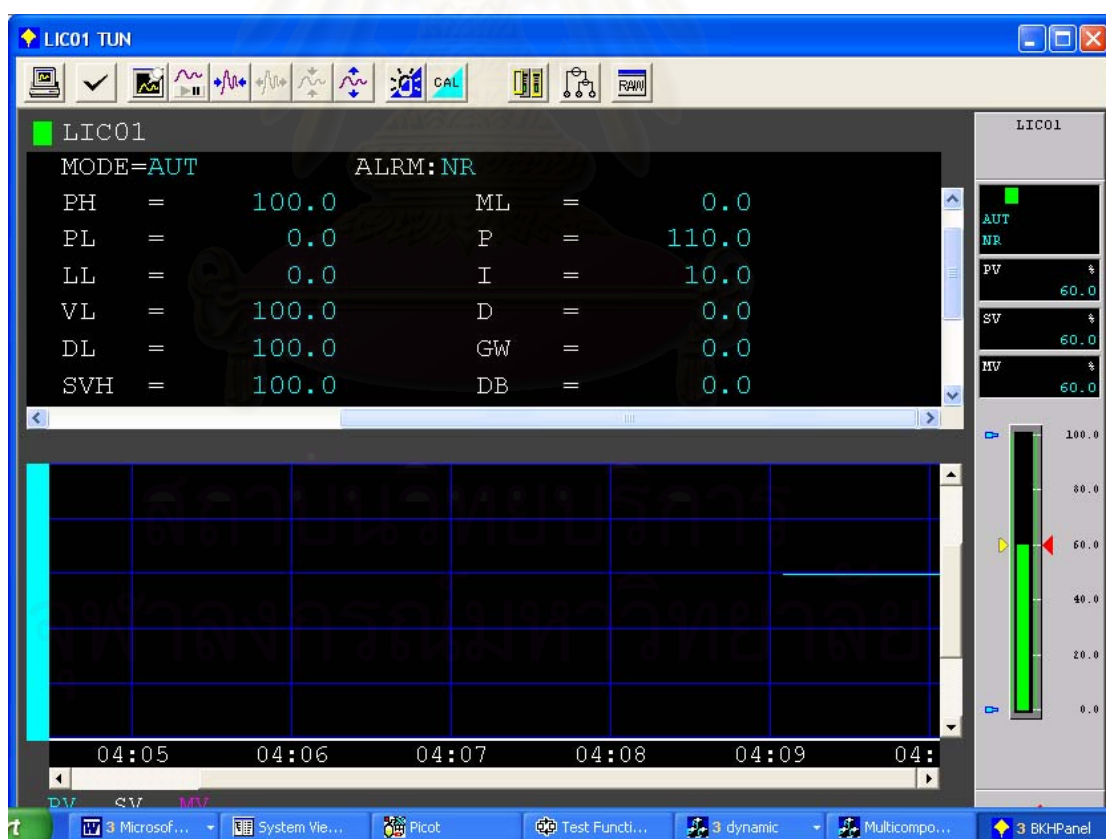
รูปที่ 5.4 แสดงเมนูแรกในการกำหนดภาวะของหอกกลั่น

จากนั้นกำหนดขนาดและลักษณะของหอกกลั่นภาวะในการกลั่นกำหนดองค์ประกอบของสายป้อน และกำหนดภาวะเริ่มต้นของหอกกลั่น ตัวอย่างการกำหนดจะมีอยู่ในส่วนของการรันผลโปรแกรม เมื่อกำหนดภาวะต่างๆ แล้ว การทำงานของโปรแกรมมี 2 ส่วนให้เลือกรันผลคือ กรณีที่ต้องการคำนวณผลของกระบวนการโดยที่ยังไม่มีการเชื่อมต่อข้อมูลกับส่วนการควบคุม โดยคลิกที่ RUN จะแสดงผลการคำนวณออกมาเป็นตัวเลข ส่วนอีกกรณีหนึ่งคือให้กระบวนการคำนวณและเชื่อมต่อข้อมูลกับส่วนการควบคุมโดยการคลิกที่ Start ทั้ง 2 กรณีเพื่อให้เลือกคำนวณผล โดยในงานวิจัยนี้จะทำการรันผลโดยที่ยังไม่มีตัวควบคุมโดยเทียบผลกับโปรแกรม โปรทู (Pro II) ที่ภาวะต่างๆ และรันผลในขณะที่มีตัวควบคุม

5.2 การปฏิบัติการในหน้ากราฟิก

ส่วนนี้จะกล่าวถึงการใช้งานของโปรแกรม เริ่มจากหน้ากราฟิกเมื่อเรียกหน้ากราฟิกแล้วทำการเรียกโปรแกรมเขียนแบบกระบวนการ โดยการคลิกที่หอกลิ้นแต่ละหอก กำหนดภาวะการทำงานของหอกลิ้น จากนั้นคลิกที่ *start* เพื่อให้โปรแกรมของการเขียนแบบกระบวนการทำงานและเชื่อมข้อมูลกับส่วนของการควบคุมที่กำหนดไว้แล้ว จากรูป 5.3 ในแต่ละหอกจะมีลู่วควบคุม 3 ลู่วคือ ควบคุมระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ดรัม ควบคุมระดับของของเหลวก้นหอก และควบคุมอุณหภูมิที่ก้นหอก

1. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการควบคุมของแต่ละลู่ว โดยการคลิกที่รูปแสดงแท็กการควบคุมที่อยู่เหนือวาล์ว จะปรากฏหน้าต่างสำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการควบคุม (Tuning) ดังรูป

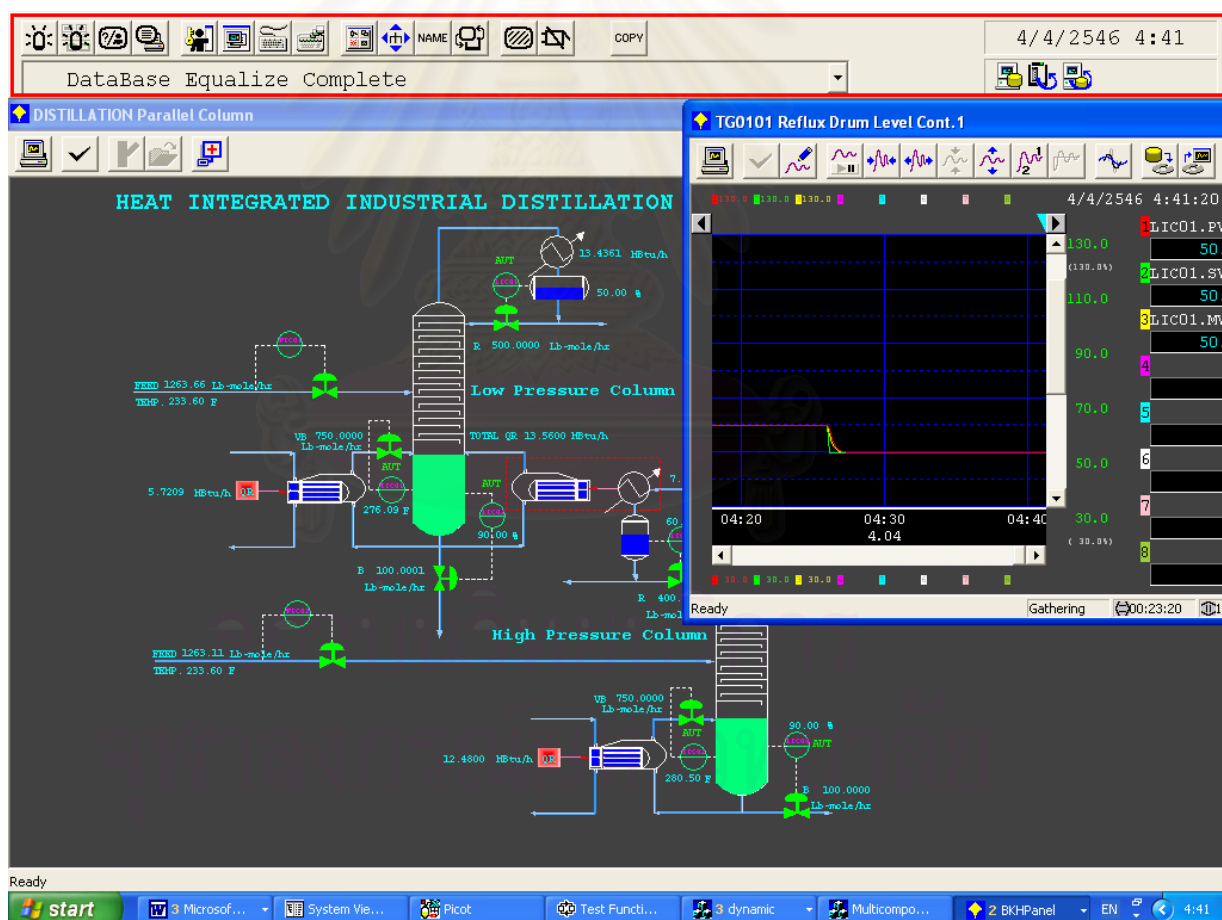


รูปที่ 5.5 แสดงหน้า สำหรับกำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวควบคุม (Tuning)

ในหน้ากำหนดค่าพารามิเตอร์ในตัวควบคุม (Tuning) ได้โดยการคลิกที่พารามิเตอร์ตัวนั้น แล้วคีย์ตัวเลขที่ต้องการใส่แล้ว *Enter* เช่น กำหนดค่าพี ด้วยการคลิกที่ตัว *P* แล้วกำหนดค่าเป็นตัวเลขลงไปแล้ว *Enter* ค่าอื่นๆ ก็สามารกำหนดได้เช่นเดียวกัน

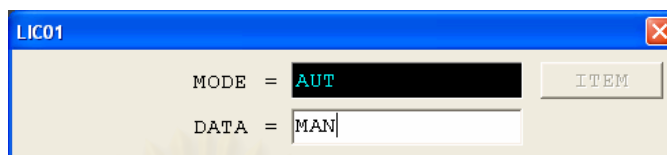
2. การเปลี่ยนค่าเป้าหมายที่ต้องการ เช่น ขณะนี้ปฏิบัติการที่ระดับในถังรีฟลักซ์ดรัมเท่ากับ 50 % ต้องการเปลี่ยนเป็น 60 % โดยการคลิกที่ตัวเลขแสดงผลของระดับในขณะนั้น

3. การให้แสดงผลของแนวโน้มเป็นกราฟด้วยการคลิกที่ตัวอุปกรณ์นั้นเช่น ให้แสดงผลของระดับในถังรีฟลักซ์ดรัมตามเวลาด้วยการคลิกที่ถังรีฟลักซ์ดรัมจะแสดงผลดังรูป



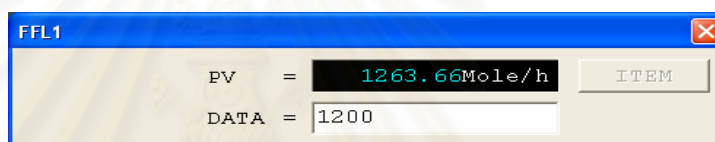
รูปที่ 5.6 แสดงแนวโน้มเป็นกราฟของระดับในถังรีฟลักซ์ดรัม

4. การเปลี่ยนโหมดการควบคุมโดยการคลิกที่ตัวอักษรที่แสดงโหมดการควบคุมของตัวควบคุมขณะนั้นแล้วคีย์ชื่อโหมดที่ต้องการจะเป็น AUT, MAN หรือ CAS



รูปที่ 5.7 แสดงการเปลี่ยนโหมดควบคุม

5. การเปลี่ยนอัตราการป้อน เปลี่ยนอุณหภูมิของสายป้อน หรือ อัตราการให้ความร้อนแก่รีบอยเลอร์ โดยการคลิกที่ตัวเลขที่แสดงอยู่ขณะนั้นคีย์ตัวเลข Enter



รูปที่ 5.8 แสดงการเปลี่ยนอัตราการป้อนของสายป้อน

5.3 การแสดงผลการรันโปรแกรม

5.3.1 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

กรณีที่ 1. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกถันแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงลูปเปิด) กับโปรแกรมแบบจำลองหอกถันแบบในหนังสือ Process Modelling, Simulation, and Control For Chemical Engineers. ซึ่งเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาฟอร์แทรน(Fortran) สำหรับสารป้อนหลายองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ ที่ภาวะเดียวกันและที่ Δt เท่ากัน

สิ่งที่ต้องกำหนดในการรันผลของแบบจำลองหอกถันแบบพลวัตดังนี้

- ขนาดและลักษณะของหอกถัน

Characteristic of Column [X]

Total number of plates	: NT	15
Number of trays in stripping section	: NF	5
Weir height in stripping section, inch	: WHS	0.75
Weir height in rectifying section, inch	: WHR	1.25
Column diameter in stripping section, inch	: DS	72
Column diameter in rectifying section, inch	: DR	72
Weir Length in stripping section, inch	: WLS	48
Weir Length in rectifying section, inch	: WLR	48
Volumetric holdup in column base, ft ³	: MVB	10
Volumetric holdup in reflux drum, ft ³	: MVD	10

OK Cancel

- กำหนดภาวะในการปฏิบัติการของหอกลั่น

Operating Condition [X]

Pressure in Top of Column, psia	: PD	19.7
Pressure in Bottom of Column, psia	: PB	21.2
Reboiler heat-duty, MBtu/hr	: QR	5
Reflex rate, lbmole/hr	: R	400
Vapour product, lbmole/hr	: DV	200
Murphree vapour-phase efficiency		0.5

OK Cancel

- กำหนดภาวะและองค์ประกอบของสายป้อน

Feed Data

Feed Flowrate (lbmole/hr)		Feed Temperature (F)	
Liquid Flowrate (lbmole/hr)	800	Liquid Temperature (F)	120
Vapour Flowrate (lbmole/hr)	200	Vapour Temperature (F)	120

METHANE	Liquid Phase Composition (Mole Fraction)		Vapour Phase Composition (Mole Fraction)	
	X	Value	Y	Value
X1	0.05	Y1	0.4	
X2	0.6	Y2	0.53	
X3	0.01	Y3	0.02	
X4	0.3	Y4	0.05	
X5	0.04	Y5	0	
X6	0	Y6	0	
X7	0	Y7	0	
X8	0	Y8	0	
X9	0	Y9	0	
X10	0	Y10	0	

OK Cancel

- คุณสมบัติขององค์ประกอบของสายป้อน

Component Selection

<input checked="" type="checkbox"/> LLK	<input type="checkbox"/> i - Butane	<input type="checkbox"/> Heptane
<input checked="" type="checkbox"/> LK	<input type="checkbox"/> n - Butane	<input type="checkbox"/> Octane
<input checked="" type="checkbox"/> INTER	<input type="checkbox"/> i - Pentane	<input type="checkbox"/> Benzene
<input checked="" type="checkbox"/> HK	<input type="checkbox"/> n - Pentane	<input type="checkbox"/> Toluene
<input checked="" type="checkbox"/> HHK	<input type="checkbox"/> Hexane	<input type="checkbox"/> Ethylbenzene

Detail of Component

Warning : Please select component NOT EXCEED 10 components

OK Cancel

Physical Property Constants and Coefficients

Item	Name	MW	DENS lb/ft ³	HVAP (Btu/lbm)	BPT (F)	HCAPV (Btu/lbm ³ F)	HCAPL (Btu/lbm ³ F)	T1 (F)	VP1 (psia)	T2 (F)	VP2 (psia)
1	11K	30	40	100	10	0.2	0.6	10	14.7	30	50
2	1K	50	40	90	90	0.4	0.6	90	14.7	200	500
3	INTER	90	60	70	150	0.3	0.5	150	14.7	200	150
4	HK	130	70	80	210	0.3	0.4	210	14.7	300	150
5	HHK	300	90	80	360	0.3	0.4	360	14.7	420	150
6	I - Butane										
7	N - Butane										
8	I - Pentane										
9	N - Pentane										
10	N - Hexane										
11	N - Heptane										
12	N - Octane										
13	Benzene										
14	Toluene										
15	Ethybenzene										

OK Cancel

- กำหนดค่าภาวะเริ่มต้นประกอบด้วย อุณหภูมิ อัตราการไหลของของเหลวและองค์ประกอบของของเหลวในแต่ละเทรย์

Initial Condition

Stage	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	Methane									
			X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Bottom	201.58	0	0	0.00725	0.0488	0.836	0.108	0	0	0	0	0
Distillate	77.26	400	0.0174	0.982	8.24e-006	4.93e-006	6.59e-010	0	0	0	0	0

Tray 1-10 Tray 11-20 Tray 21-30 Tray 31-40 Tray 41-50

OK Cancel

Initial Condition Tray 1 - 10 ✕

Stage No.	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	154.9	740.1	9.99e-012	0.11	0.24	0.607	0.0433	0	0	0	0	0
2	132.6	814.4	1.56e-009	0.286	0.202	0.473	0.0393	0	0	0	0	0
3	120.2	892	1.82e-007	0.457	0.131	0.376	0.0359	0	0	0	0	0
4	114	960.1	1.33e-005	0.572	0.0803	0.314	0.0333	0	0	0	0	0
5	108.4	986	0.00076	0.634	0.0496	0.284	0.0325	0	0	0	0	0
6	101.2	320	0.00112	0.818	0.0866	0.0942	1.74e-006	0	0	0	0	0
7	98.2	381.9	0.00129	0.91	0.0446	0.044	7.76e-005	0	0	0	0	0
8	96.9	409.6	0.00136	0.953	0.0238	0.0218	3.71e-007	0	0	0	0	0
9	96.2	423.7	0.0014	0.975	0.0128	0.011	1.81e-007	0	0	0	0	0
10	95.8	431.2	0.00142	0.986	0.00694	0.00563	8.93e-008	0	0	0	0	0

Initial Condition Tray 11 - 20 ✕

Stage No.	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
11	95.5	435.2	0.00143	0.992	0.00374	0.00286	4.4e-008	0	0	0	0	0
12	95.3	437.5	0.00144	0.995	0.00199	0.00145	2.16e-006	0	0	0	0	0
13	95.1	438.7	0.00144	0.997	0.00104	0.000718	1.04e-006	0	0	0	0	0
14	94.9	439.5	0.00145	0.998	0.000519	0.000342	4.84e-005	0	0	0	0	0
15	94.2	438.6	0.00175	0.998	0.000236	0.000149	2.05e-005	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.1 ผลจากการคำนวณอุณหภูมิของหอกลั่นในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$

Tray No.	Temperature ($^{\circ}$ F)		% Error
	Fortran	(Visual C++)	
Bottom	201.58	199.45	1.0566
1	154.92	153.04	1.2135
2	132.64	131.06	1.1912
3	120.23	118.98	1.0397
4	114.05	113.09	0.8417
5	108.42	107.74	0.6272
6	101.18	100.79	0.3855
7	98.23	98.11	0.1222
8	96.91	97.04	0.1341
9	96.2	96.57	0.3846
10	95.77	96.41	0.6683
11	95.49	96.38	0.9320
12	95.28	96.41	1.1860
13	95.1	96.49	1.4616
14	94.93	96.57	1.7276
15	94.24	96.13	2.0055
Distillate	77.26	78.93	2.1615

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

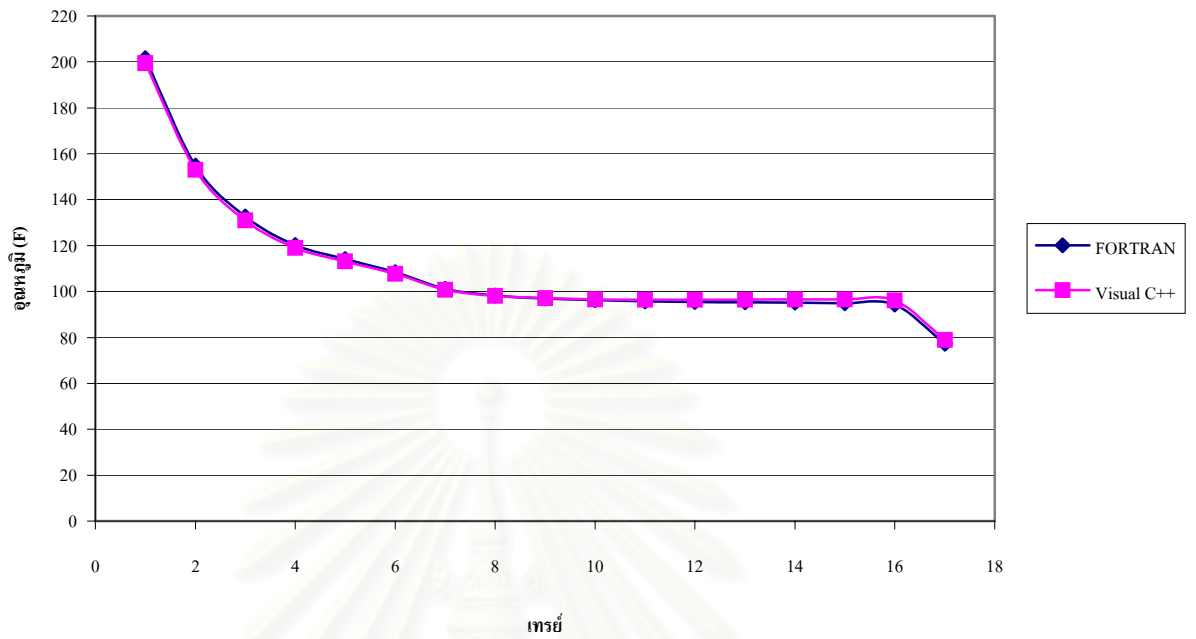
ตารางที่ 5.2 ผลจากการคำนวณอุณหภูมิของหอกลั่นในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0005$

Tray No.	Temperature ($^{\circ}\text{F}$)		% Error
	Fortran	(Visual C++)	
Bottom	201.61	199.44	1.0763
1	154.94	153.15	1.155
2	132.65	131.07	1.1911
3	120.23	118.98	1.0397
4	114.05	113.09	0.8417
5	108.43	107.77	0.6087
6	101.18	100.8	0.3756
7	98.24	98.13	0.1120
8	96.92	97.06	0.1444
9	96.21	96.6	0.4054
10	95.78	96.44	0.6891
11	95.5	96.41	0.9529
12	95.28	96.46	1.2384
13	95.11	96.53	1.4930
14	94.94	96.62	1.7695
15	94.25	96.19	2.0583
Distillate	77.25	78.93	2.1748

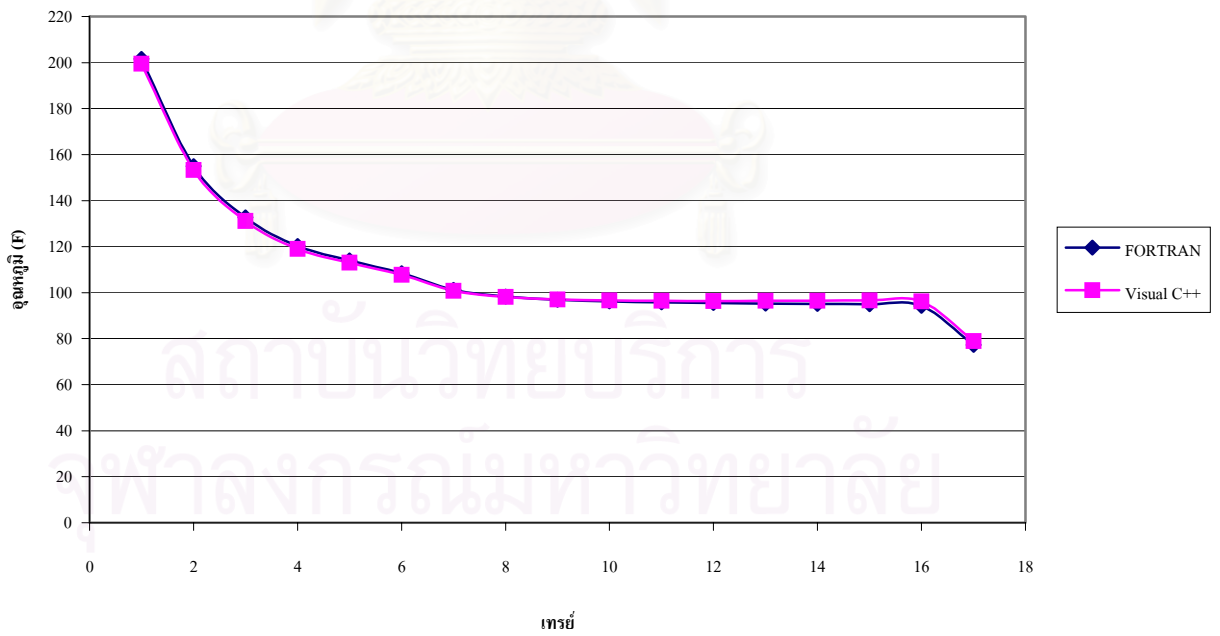
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ผลจากการคำนวณอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.001$

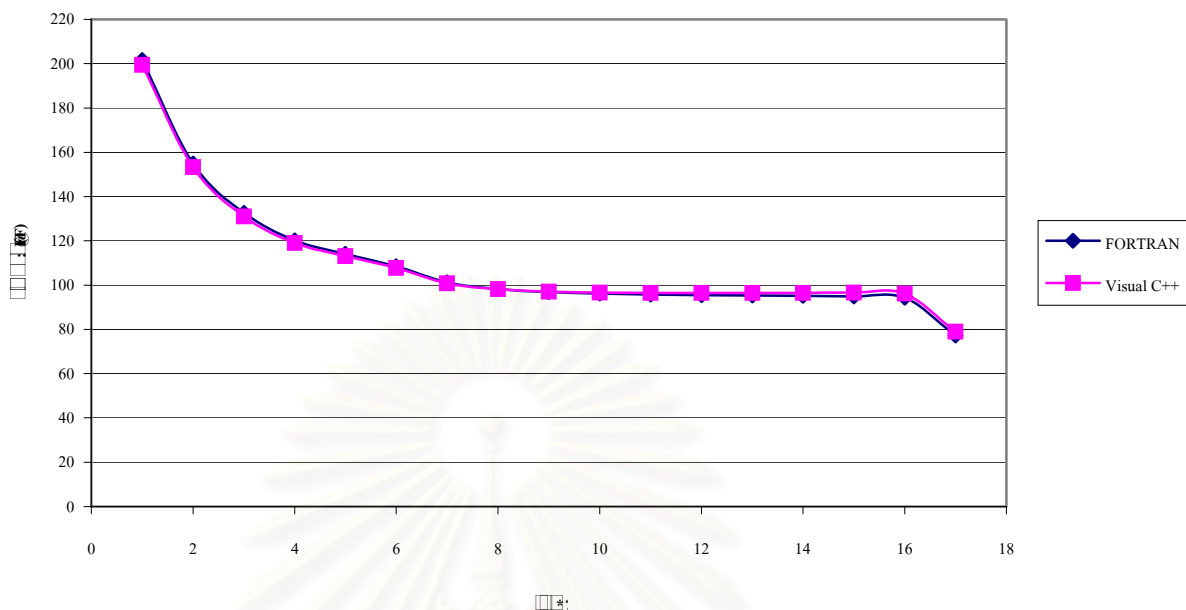
Tray No.	Temperature ($^{\circ}$ F)		% Error
	Fortran	(Visual C++)	
Bottom	201.64	199.47	1.0762
1	154.96	153.26	1.0971
2	132.65	131.1	1.1685
3	120.24	118.99	1.0396
4	114.06	113.08	0.8592
5	108.43	107.81	0.5718
6	101.18	100.79	0.3856
7	98.24	98.14	0.1018
8	96.92	97.06	0.1444
9	96.21	96.61	0.4158
10	95.78	96.44	0.6891
11	95.49	96.42	0.9739
12	95.28	96.46	1.2385
13	95.11	96.54	1.5035
14	94.94	96.63	1.7801
15	94.25	96.21	2.0796
Distillate	77.25	78.97	2.2265372



รูปที่ 5.9 โปรไฟล์ของอนุกรมในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$



รูปที่ 5.10 โปรไฟล์ของอนุกรมในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0005$



รูปที่ 5.11 โปรไฟล์ของอนุหภูมิในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0001$

ตารางที่ 5.4 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ

$\Delta t = 0.0000$

Component	Distillate			Bottom		
	FORTRAN	(Visual C++)	% Error	FORTRAN	(Visual C++)	% Error
LLK (X1)	0.0175	0.0174	0.2865	0.0000	0.0000	0.0000
LK (X2)	0.9824	0.9820	0.0407	0.0073	0.0073	0.6341
INTER (X3)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0489	0.0488	0.1024
HK (X4)	0.0000	0.0000	0.0000	0.8363	0.8360	0.0359
HHK (X5)	0.0000	0.0000	0.0000	0.1076	0.1080	0.3717
Flow (lbmole/hr)	400.0000	400.0000	0.0000	298.1000	300.3000	0.7380
Temperature ($^{\circ}$ F)	77.2600	78.9300	2.1615	201.5800	199.4500	1.0567

ตารางที่ 5.5 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ

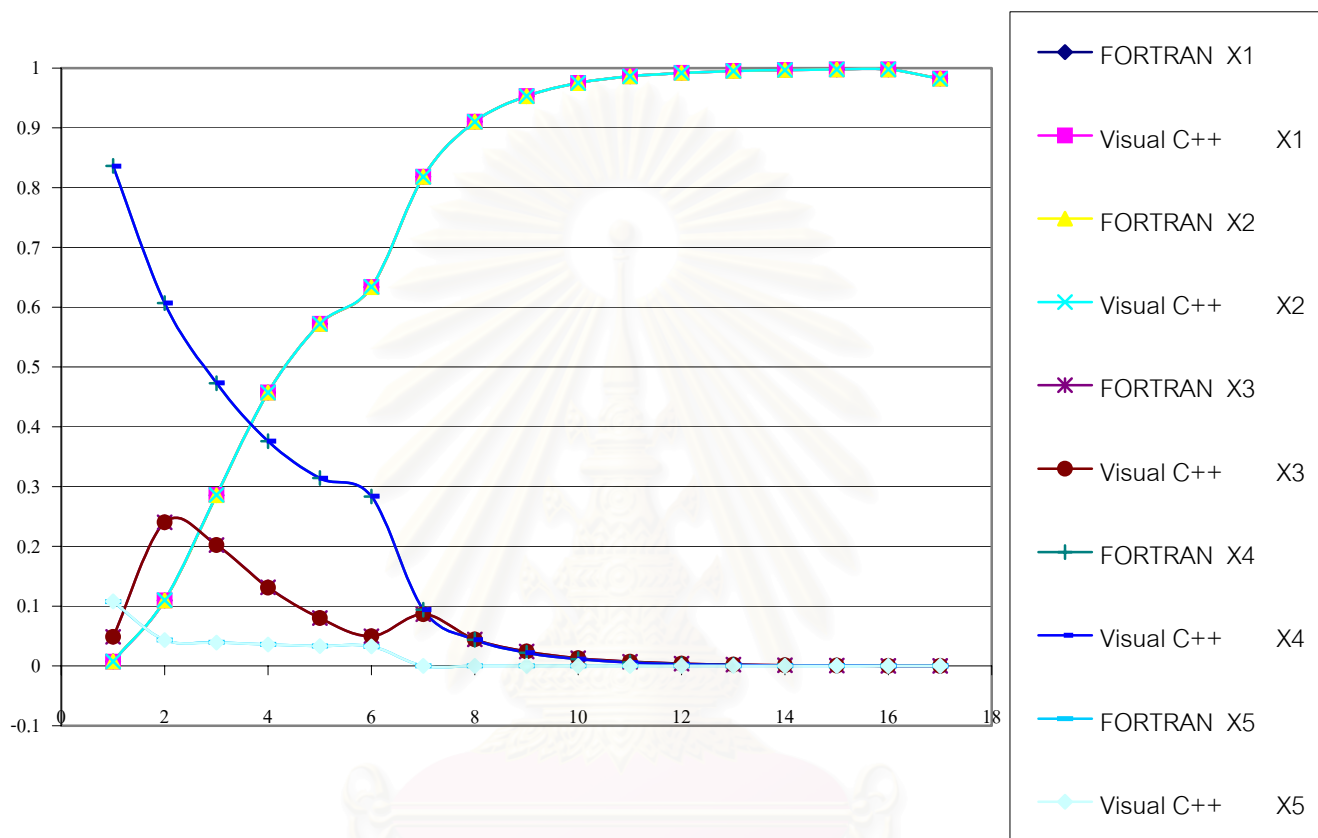
$$\Delta t = 0.0005$$

Component	Distillate			Bottom		
	FORTRAN	(Visual C++)	% Error	FORTRAN	(Visual C++)	% Error
LLK (X1)	0.0175	0.0174	0.3551	0.0000	0.0000	0.0000
LK (X2)	0.9824	0.9821	0.0294	0.0072	0.0071	1.8388
INTER (X3)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0488	0.0492	0.8962
HK (X4)	0.0000	0.0000	0.0000	0.8364	0.8358	0.0715
HHK (X5)	0.0000	0.0000	0.0000	0.1076	0.1080	0.3587
Flow (lbmole/hr)	400.0000	400.0000	0.0000	295.5000	296.0000	0.1692
Temperature (°F)	77.2500	78.9300	2.1748	201.6100	199.4400	1.0763

ตารางที่ 5.6 แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณในผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอ เมื่อ

$$\Delta t = 0.001$$

Component	Distillate			Bottom		
	FORTRAN	(Visual C++)	% Error	FORTRAN	(Visual C++)	% Error
LLK (X1)	0.0175	0.0173	0.8937	0.0000	0.0000	0.0000
LK (X2)	0.9824	0.9822	0.0200	0.0072	0.0071	1.6757
INTER (X3)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0487	0.0493	1.2591
HK (X4)	0.0000	0.0000	0.0000	0.8365	0.8358	0.0809
HHK (X5)	0.0000	0.0000	0.0000	0.1076	0.1080	0.3456
Flow (lbmole/hr)	400.0000	400.0000	0.0000	295.5000	294.6000	0.3046
Temperature (°F)	77.2500	78.9700	2.2265	201.6400	199.4700	1.0762



รูปที่ 5.12 โปรไฟล์แสดงสัดส่วนโดยโมลของสารในแต่ละเทรย์ เมื่อ $\Delta t = 0.0000$

ผลการคำนวณของวิชาพลศาสตร์ (Visual C++) และฟอร์แทรน (Fortran) ในหนังสือ Process Modelling, Simulation, and Control For Chemical Engineers. ในกรณีนี้ 1 นี้ได้ผลดังนี้

ผลเปรียบเทียบโปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์ ดังแสดงใน ตารางที่ 5.1 – 5.3 และ รูปที่ 5.9 – 5.11 จะเห็นว่าแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และมีเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันมากที่สุด 2.22%

ผลเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของสายผลิตภัณฑ์ ดังแสดงใน ตารางที่ 5.4 – 5.6 มีความใกล้เคียงกัน และมีเปอร์เซ็นต์แตกต่างกันมากที่สุด 2.22% เช่นเดียวกัน

กรณีที่ 2. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลั่นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกันดังข้างล่าง

Characteristic of Column		
Total number of plates	: NT	25
Number of trays in stripping section	: NF	9
Weir height in stripping section, inch	: WHS	3.44
Weir height in rectifying section, inch	: WHR	3.44
Column diameter in stripping section, inch	: DS	72
Column diameter in rectifying section, inch	: DR	72
Weir Length in stripping section, inch	: WLS	51.1
Weir Length in rectifying section, inch	: WLR	51.1
Volumetric holdup in column base, ft ³	: MVB	130
Volumetric holdup in reflux drum, ft ³	: MVD	98

OK Cancel

Operating Condition		
Pressure in Top of Column, psia	: PD	126.57
Pressure in Bottom of Column, psia	: PB	133.04
Reboiler heat-duty, MBtu/hr	: QR	13.56
Reflex rate, lbmole/hr	: R	500
Vapour product, lbmole/hr	: DV	0
Murphree vapour-phase efficiency		0.9

OK Cancel

Component Selection ✕

<input type="checkbox"/> Methane	<input checked="" type="checkbox"/> i - Butane	<input type="checkbox"/> Heptane
<input type="checkbox"/> Methanol	<input checked="" type="checkbox"/> n - Butane	<input type="checkbox"/> Octane
<input type="checkbox"/> Ethane	<input checked="" type="checkbox"/> i - Pentane	<input type="checkbox"/> Benzene
<input type="checkbox"/> Ethanol	<input checked="" type="checkbox"/> n - Pentane	<input type="checkbox"/> Toluene
<input checked="" type="checkbox"/> Propane	<input checked="" type="checkbox"/> Hexane	<input type="checkbox"/> Ethylbenzene

Detail of Component

Warning : Please select component NOT EXCEED 10 components

Physical Property Constants and Coefficients ✕

Item	Name	MW	DENS	HVAP (Btu/lbm)	BPT (F)	HCAPV (Btu/lbm3F)	HCAPL (Btu/lbm3F)	T1 (F)	VP1 (psia)	T2 (F)	VP2 (psia)
1	Methane	16.04	26.595	219.396	-259	0.497	0.503	-259	14.43	-159	306.55
2	Methanol	32.042	45.948	473.336	147.8	0.349	0.343	147.8	14.52	250	95.16
3	Ethane	30.07	34.149	210.412	-127.8	0.329	0.322	-127.8	14.52	-25	148.56
4	Ethanol	46.07	44.887	361.798	172.7	0.384	0.378	172.7	14.63	250	63.56
5	Propane	44.09	36.334	183.188	-44	0.329	0.306	-44	14.58	10	46.4
6	I - Butane	58.12	37.083	157.643	10.6	0.358	0.354	10.6	14.58	80	53.7
7	N - Butane	58.12	37.645	165.755	30.8	0.375	0.372	30.8	14.61	100	52.15
8	I - Pentane	72.15	38.207	147.196	81.8	0.397	0.392	81.8	14.6	150	45.76
9	N - Pentane	72.15	38.02	153.677	96.6	0.41	0.406	96.6	14.62	170	49.4
10	N - Hexane	86.17	38.27	144.051	155.4	0.444	0.44	155.4	14.53	250	59.68
11	N - Heptane	100.2	38.894	136.096	208.9	0.474	0.469	208.9	14.63	290	46.65
12	N - Octane	114.22	38.145	129.617	257.9	0.479	0.474	257.9	14.65	350	51.03
13	Benzene	78.11	51.068	169.424	175.9	0.301	0.297	175.9	14.47	270	57.79
14	Toluene	92.13	44.762	154.933	330.8	0.393	0.389	330.8	57.32	430	158.9
15	Ethylbenzene	106.16	47.509	144.122	276.8	0.392	0.386	276.8	14.63	375	51.97

Feed Data ✕

Feed Flowrate (lbmole/hr)		Feed Temperature (F)	
Liquid Flowrate (lbmole/hr)	1263.11	Liquid Temperature (F)	233.62
Vapour Flowrate (lbmole/hr)	1.9	Vapour Temperature (F)	233.62

	Liquid Phase Composition (Mole Fraction)		Vapour Phase Composition (Mole Fraction)	
PROPANE	X1	0.03873	Y1	0.01353
I-BUTANE	X2	0.03772	Y2	0.07596
N-BUTANE	X3	0.1672	Y3	0.27746
I-PENTANE	X4	0.20764	Y4	0.19462
N-PENTANE	X5	0.22923	Y5	0.18776
HEXANE	X6	0.31947	Y6	0.12889
	X7	0	Y7	0
	X8	0	Y8	0
	X9	0	Y9	0
	X10	0	Y10	0

Initial Condition ✕

Stage	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Bottom	290.66	2364	1.1084e-0	0.000244	0.00476	0.13585	0.22011	0.63904	0	0	0	0
Distillate	122	1000	0.35394	0.15614	0.48014	0.00913	0.000653	2.1086e-0	0	0	0	0

Tray 1-10
Tray 11-20
Tray 21-30
Tray 31-40
Tray 41-50

Initial Condition Tray 1 - 10												
Stage No.	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	277.52	2364	1.1084e-0	0.000581	0.00983	0.19153	0.28323	0.51482	0	0	0	0
2	268.88	2387.7	3.5139e-0	0.00118	0.01727	0.23231	0.31737	0.43184	0	0	0	0
3	263.12	2403.5	0.000104	0.00221	0.02763	0.25764	0.32858	0.38387	0	0	0	0
4	258.8	2407.02	0.000301	0.00391	0.0417	0.2704	0.32563	0.35806	0	0	0	0
5	254.66	2400.12	0.000846	0.00666	0.06031	0.27347	0.31461	0.34411	0	0	0	0
6	249.98	2383.72	0.00232	0.011	0.08396	0.26832	0.29861	0.33578	0	0	0	0
7	244.04	2357.61	0.00619	0.01751	0.11214	0.25552	0.27885	0.32978	0	0	0	0
8	235.58	2318.68	0.01591	0.02659	0.14209	0.2352	0.25568	0.32452	0	0	0	0
9	223.52	2261.31	0.03873	0.03772	0.1672	0.20764	0.22923	0.31947	0	0	0	0
10	211.28	918.85	0.04135	0.04197	0.19099	0.28603	0.27468	0.16498	0	0	0	0

Initial Condition Tray 11 - 20												
Stage No.	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
11	204.08	976.06	0.04306	0.04488	0.20845	0.34472	0.2859	0.07299	0	0	0	0
12	200.12	1011.21	0.04411	0.04684	0.22198	0.38375	0.27382	0.0295	0	0	0	0
13	197.42	1029.37	0.04489	0.04852	0.23563	0.40906	0.27382	0.01134	0	0	0	0
14	195.08	1038.91	0.04567	0.05044	0.25291	0.42411	0.25055	0.00422	0	0	0	0
15	192.56	1045.16	0.04662	0.05298	0.27698	0.42909	0.22265	0.00152	0	0	0	0
16	189.32	1051.09	0.04787	0.05652	0.31088	0.4221	0.1928	0.000532	0	0	0	0
17	185.18	1058.58	0.04949	0.06144	0.35719	0.4005	0.16209	0.000177	0	0	0	0
18	180.14	1069.19	0.05151	0.06804	0.41671	0.36255	0.13121	5.6e-005	0	0	0	0
19	174.56	1084.07	0.05392	0.0765	0.4868	0.30943	0.10112	1.6444e-0	0	0	0	0
20	168.98	1103.2	0.05672	0.08678	0.56034	0.24661	0.07333	4.452e-0	0	0	0	0

Initial Condition Tray 21 - 30												
Stage No.	Temperature (F)	Liquid Flowrate (lbmole/hr)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
21	163.76	1124.78	0.06021	0.09877	0.62729	0.18266	0.03107	1.1078e-0	0	0	0	0
22	159.08	1145.69	0.06575	0.11254	0.67784	0.12578	0.0181	2.5452e-0	0	0	0	0
23	154.4	1162.67	0.07753	0.12824	0.70388	0.08054	0.00981	5.4373e-0	0	0	0	0
24	148.46	1173.29	0.10685	0.14526	0.69558	0.04741	0.00489	1.0765e-0	0	0	0	0
25	137.84	1170.4	0.18133	0.15923	0.63291	0.0244	0.00213	2.1086e-0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 2

Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
Propane	0.1693	0.1946	13.0010	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1604	0.1699	5.5915	0.0002	0.0002	10.0000
N-Butane	0.6432	0.6042	6.4548	0.0047	0.0051	8.0851
Isopentane	0.0249	0.0288	13.5417	0.1370	0.1597	16.5328
N-Pentane	0.0022	0.0025	12.0000	0.2215	0.2529	14.1851
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6365	0.5821	8.5420
Flow (lbmol/hr)	582.7000	547.3000	6.4681	1220.5000	1041.4065	14.6738
Temperature (F)	137.5400	132.1979	4.0410	276.5200	255.4358	7.6248

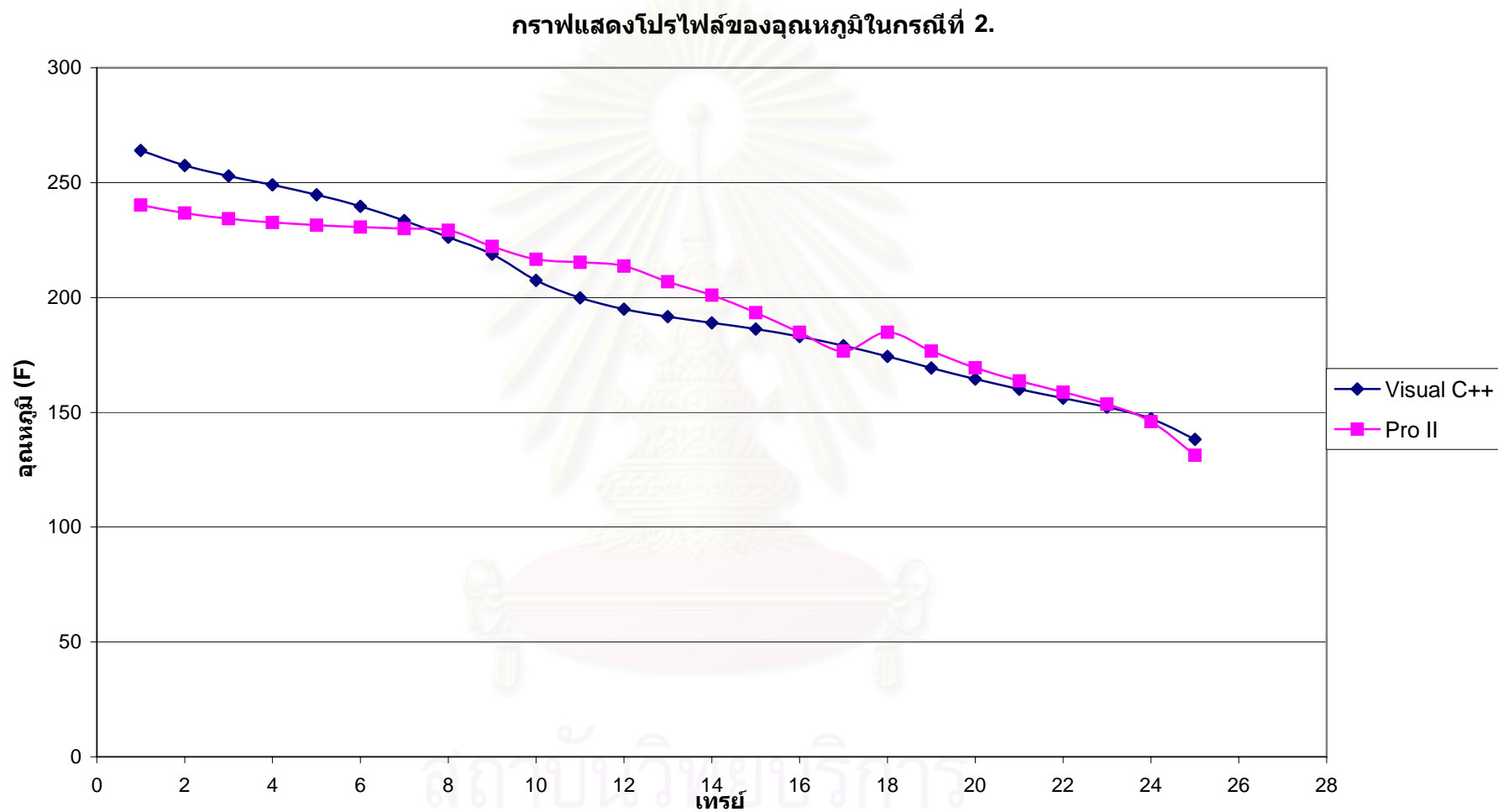
การทดสอบแนวโน้มของการคำนวณของโปรแกรมแบบจำลองเชิงพลวัต เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมโปรทู (Pro II) โดยใช้ภาวะต่างๆ เหมือนในกรณีที่ 2. ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมประกอบด้วย 3 ตัวแปร คือ ความดันของหอก้น ทั้งนี้เนื่องจากเราจะใช้หอก้น 2 หอที่มีความดันต่างกัน อุณหภูมิ และ อัตราการไหล ของสายป้อน ทำการทดสอบโดยการเพิ่ม และลดค่าตัวแปร ทั้งสามตัวแปรทั้งสามตัวนี้แบบสลับ ดังสรุปเป็นกรณีได้ดังตาราง

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีต่างๆ

กรณี	กรณีที่ทำทดสอบ	ผลที่ได้
3	เพิ่มความดันของหอก้น 20 %	ผลค่าของตัวแปรต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกัน
4	เพิ่มอัตราการไหลของสายป้อน 5 %	ผลค่าของตัวแปรต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกัน
5	ลดอัตราการไหลของสายป้อน 5 %	ผลค่าของตัวแปรต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกัน
6	เพิ่มอุณหภูมิของสายป้อน 5 %	ผลค่าของตัวแปรต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกัน
7	ลดอุณหภูมิของสายป้อน 5 %	ผลค่าของตัวแปรต่างๆ มีแนวโน้มเหมือนกัน

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณอุณหภูมิ(ฟาเรนไฮต์) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 2

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	264.57	240.2	9.2112
2	257.93	236.7	8.2309
3	253.26	234.3	7.4864
4	249.3	232.6	6.6988
5	245.14	231.5	5.5642
6	240.05	230.7	3.8950
7	233.53	230	1.5116
8	225.68	229.3	1.6040
9	217.7	222.2	2.0671
10	205.56	216.6	5.3707
11	197.87	215.3	8.8088
12	193.57	213.7	10.3993
13	190.92	206.9	8.3700
14	188.72	201	6.5070
15	186.28	193.4	3.8222
16	183.22	184.9	0.9169
17	179.38	176.6	1.5498
18	174.81	184.9	5.7720
19	169.84	176.6	3.9802
20	164.93	169.4	2.7102
21	160.46	163.6	1.9569
22	156.45	158.7	1.4382
23	152.34	153.6	0.8271
24	146.9	146	0.6127
25	137.54	131.3	4.5369



รูป 5.13 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทอมเปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 2

กรณีที่ 3. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลั่นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกับกรณีที่ 2. แต่เปลี่ยนค่า PD เป็น 132.90 Psia และ PB เป็น 139.69 Psia ดังตาราง

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 3

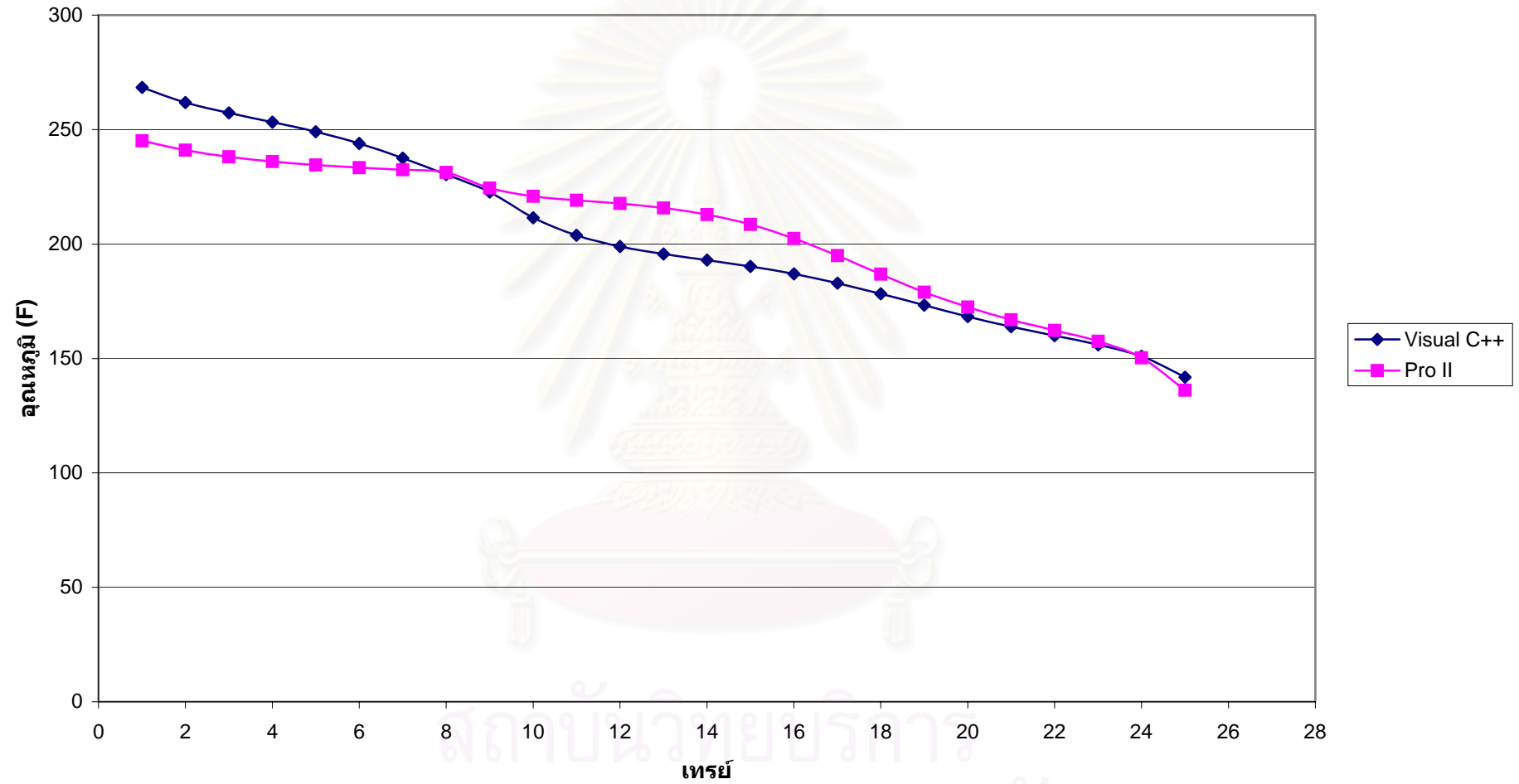
Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
Propane	0.1702	0.1923	11.4925	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1603	0.1732	7.4480	0.0002	0.0002	5.0000
N-Butane	0.6425	0.6082	5.6396	0.0047	0.0052	10.8511
Isopentane	0.0248	0.0239	3.7657	0.1367	0.1509	10.3584
N-Pentane	0.0022	0.0024	8.3333	0.2212	0.2481	12.1700
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6371	0.5956	6.5108
Flow (lbmol/hr)	284.1255	249.2467	13.9937	1217.0000	1037.7505	14.7288
Temperature (F)	141.1900	136.0870	3.7498	280.9800	260.7776	7.1900

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 ผลการคำนวณอุณหภูมิ(ฟาเรนไฮต์) ของหอกกลับในแต่ละเทรย์
ในกรณีที่ 3

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	268.39	245.1	8.678
2	261.85	241.1	7.924
3	257.25	238.2	7.405
4	253.28	236.1	6.783
5	249.04	234.6	5.798
6	243.91	233.4	4.309
7	237.61	232.4	2.193
8	230.34	231.3	0.417
9	222.75	224.5	0.786
10	211.44	220.9	4.474
11	203.77	219.1	7.523
12	198.94	217.7	9.430
13	195.68	215.8	10.282
14	192.99	212.9	10.317
15	190.23	208.5	9.604
16	186.95	202.4	8.264
17	182.94	195	6.592
18	178.27	186.8	4.785
19	173.25	179	3.319
20	168.33	172.4	2.418
21	163.88	166.9	1.843
22	159.92	162.3	1.488
23	155.99	157.5	0.968
24	150.94	150.3	0.424
25	141.82	136.1	4.033

กราฟแสดงโปรไฟล์ของอุณหภูมิในกรณีที่ 3.



รูป 5.14 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 3

กรณีที่ 4. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลั่นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกับกรณีที่ 2. แต่เปลี่ยนค่าอัตราการไหลของ ของเหลวป้อนเข้าเป็น 1,326.27 ปอนด์โมลต่อชั่วโมง และ อัตราการไหลของไอป้อนเข้าเป็น 2.0 ปอนด์โมลต่อชั่วโมง ดังตาราง

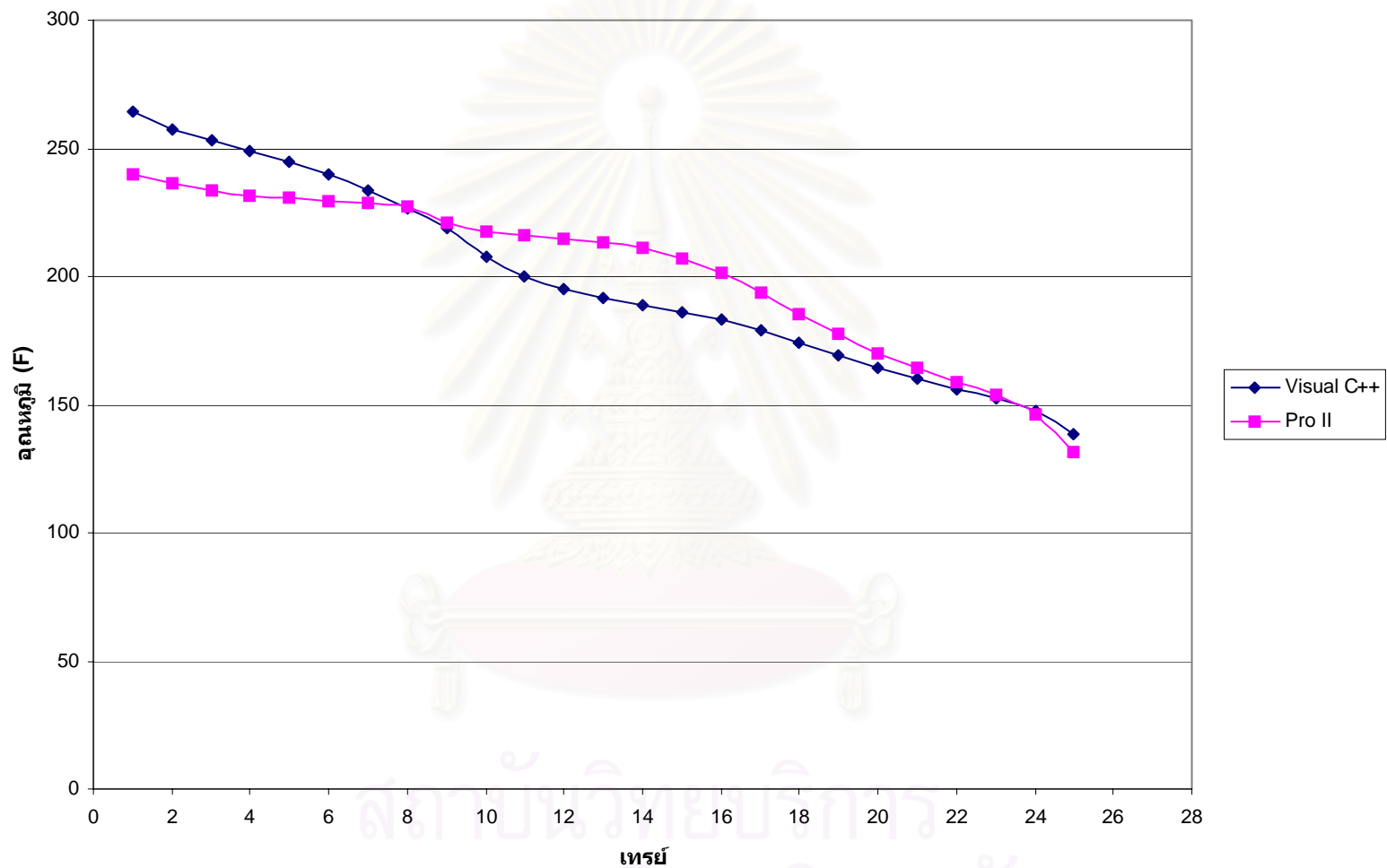
ตารางที่ 5.12 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 4

Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
Propane	0.1677	0.1895	11.5226	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1604	0.1786	10.1904	0.0002	0.0002	15.0000
N-Butane	0.6447	0.6075	6.1233	0.0047	0.0053	12.7660
Isopentane	0.0250	0.0220	13.8641	0.1370	0.1513	10.4526
N-Pentane	0.0022	0.0024	8.3333	0.2215	0.2456	10.8984
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6365	0.5975	6.1257
Flow (lbmol/hr)	243.3218	233.3622	4.2679	1220.5000	1094.8857	10.2920
Temperature (F)	137.7500	131.7048	4.5900	276.5200	255.4732	7.6113

ตารางที่ 5.13 ผลการคำนวณอุณหภูมิ(ฟาเรนไฮต์) ของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ในกรณีที่ 4

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	264.02	240.2	9.02204
2	257.52	236.4	8.20130
3	252.94	233.7	7.60655
4	249	231.8	6.90763
5	244.79	230.5	5.83766
6	239.73	229.5	4.26730
7	233.55	228.6	2.11946
8	226.47	227.6	0.49896
9	219.11	220.9	0.81694
10	207.78	217.4	4.62990
11	200.06	215.8	7.86764
12	195.16	214.8	10.06354
13	191.81	213.3	11.20380
14	189.07	210.9	11.54599
15	186.28	207	11.12304
16	183	201.3	10.00000
17	179.03	194	8.36173
18	174.39	185.6	6.42812
19	169.39	177.3	4.66970
20	164.51	170	3.33718
21	160.09	164	2.44238
22	156.18	159	1.80561
23	152.34	153.9	1.02403
24	147.44	146.3	0.77320
25	138.51	131.7	4.91661

กราฟแสดงโปรไฟล์ของอุณหภูมิในกรณีที่ 4.



รูปที่ 5.15 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทอรัยเปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 4

กรณีศึกษาที่ 5. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลิ้นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกับกรณีศึกษาที่ 2. แต่เปลี่ยนค่าอัตราการไหลของของเหลวป้อนเข้าเป็น 1,199.95 ปอนด์โมลต่อชั่วโมง และ อัตราการไหลของไอป้อนเข้าเป็น 1.8 ปอนด์โมลต่อชั่วโมง ดังตาราง

ตารางที่ 5.14 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอกและก้นหอกในกรณีศึกษาที่ 5

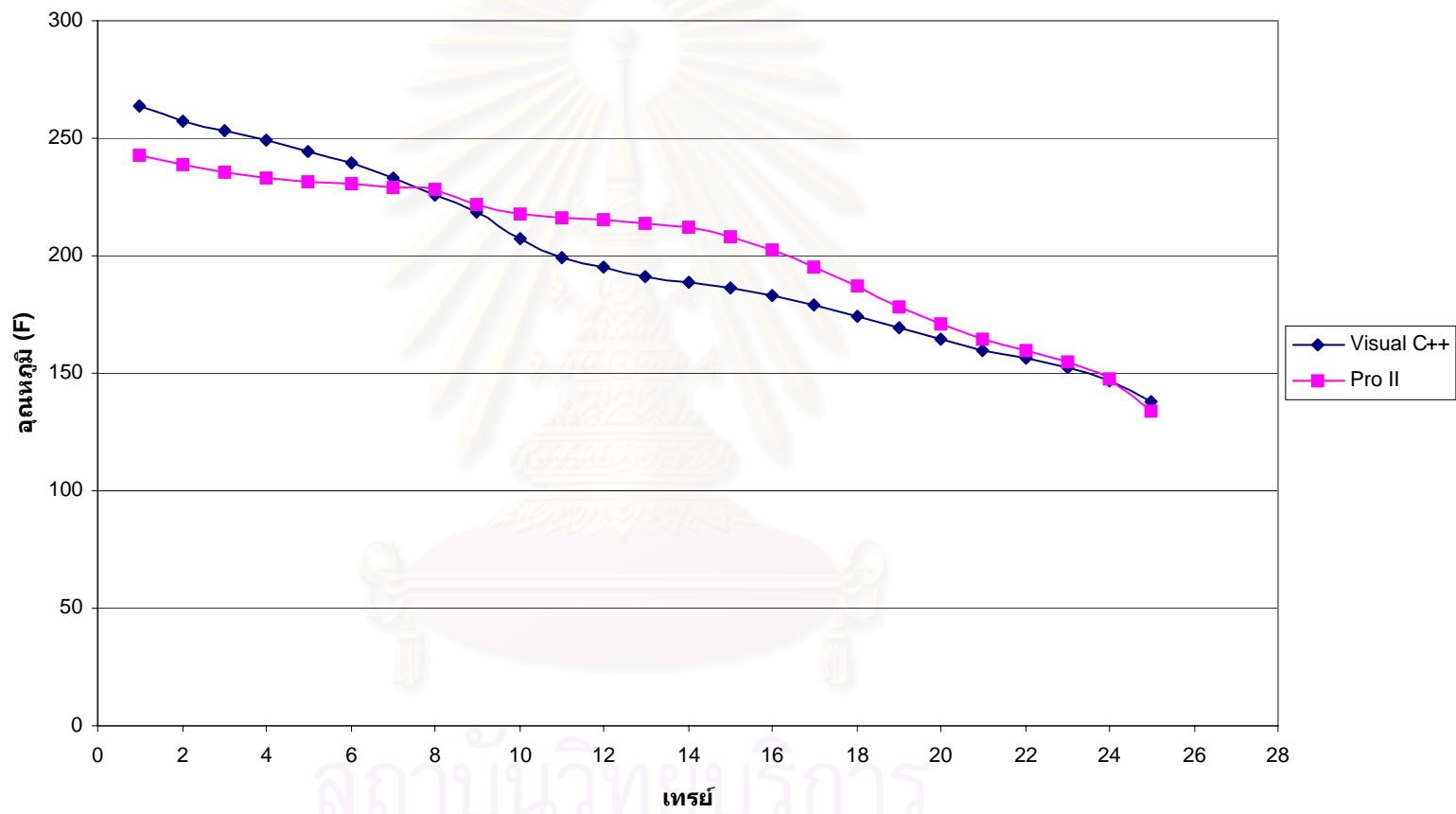
Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
Propane	0.1709	0.1908	10.4345	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1604	0.1718	6.6084	0.0002	0.0002	7.5000
N-Butane	0.6418	0.6116	4.9379	0.0047	0.0052	10.0000
Isopentane	0.0247	0.0234	5.5556	0.1370	0.1513	10.4380
N-Pentane	0.0022	0.0024	8.3333	0.2215	0.2314	4.4763
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6365	0.6119	3.8649
Flow (lbmol/hr)	261.0874	229.9992	13.5167	1220.5000	1056.7308	13.4182
Temperature (F)	137.3300	133.7469	2.6790	276.5200	258.1143	6.6562

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 ผลการคำนวณอนุหภูมิ(ฟารนไฮต์) ของหอกลิ้นในแต่ละเทอร์ย์
ในกรณีที่ 5

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	264.02	242.8	8.0373
2	257.52	238.8	7.2693
3	252.94	235.7	6.8158
4	248.98	233.4	6.2575
5	244.73	231.7	5.3242
6	239.58	230.4	3.8317
7	233.26	229.2	1.7405
8	226	227.9	0.8407
9	218.55	221.4	1.3040
10	207.19	218	5.2174
11	199.55	216.5	8.4941
12	194.76	215.5	10.6490
13	191.53	214.1	11.7841
14	188.87	211.7	12.0877
15	186.12	207.8	11.6484
16	182.85	202.3	10.6371
17	178.88	195	9.0116
18	174.23	186.7	7.1572
19	169.25	178.3	5.3471
20	164.38	170.9	3.9664
21	159.97	164.9	3.0818
22	156.05	159.9	2.4672
23	152.13	154.8	1.7551
24	147.07	147.7	0.4284
25	137.93	133.7	3.0668

กราฟแสดงโปรไฟล์ของอุณหภูมิในกรณีที่ 5.



รูปที่ 5.16 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 5

กรณีที่ 6. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลั่นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกับกรณีที่ 2. แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของสายป้อน ค่า 245.30 ฟาเรนไฮต์ ดังตาราง

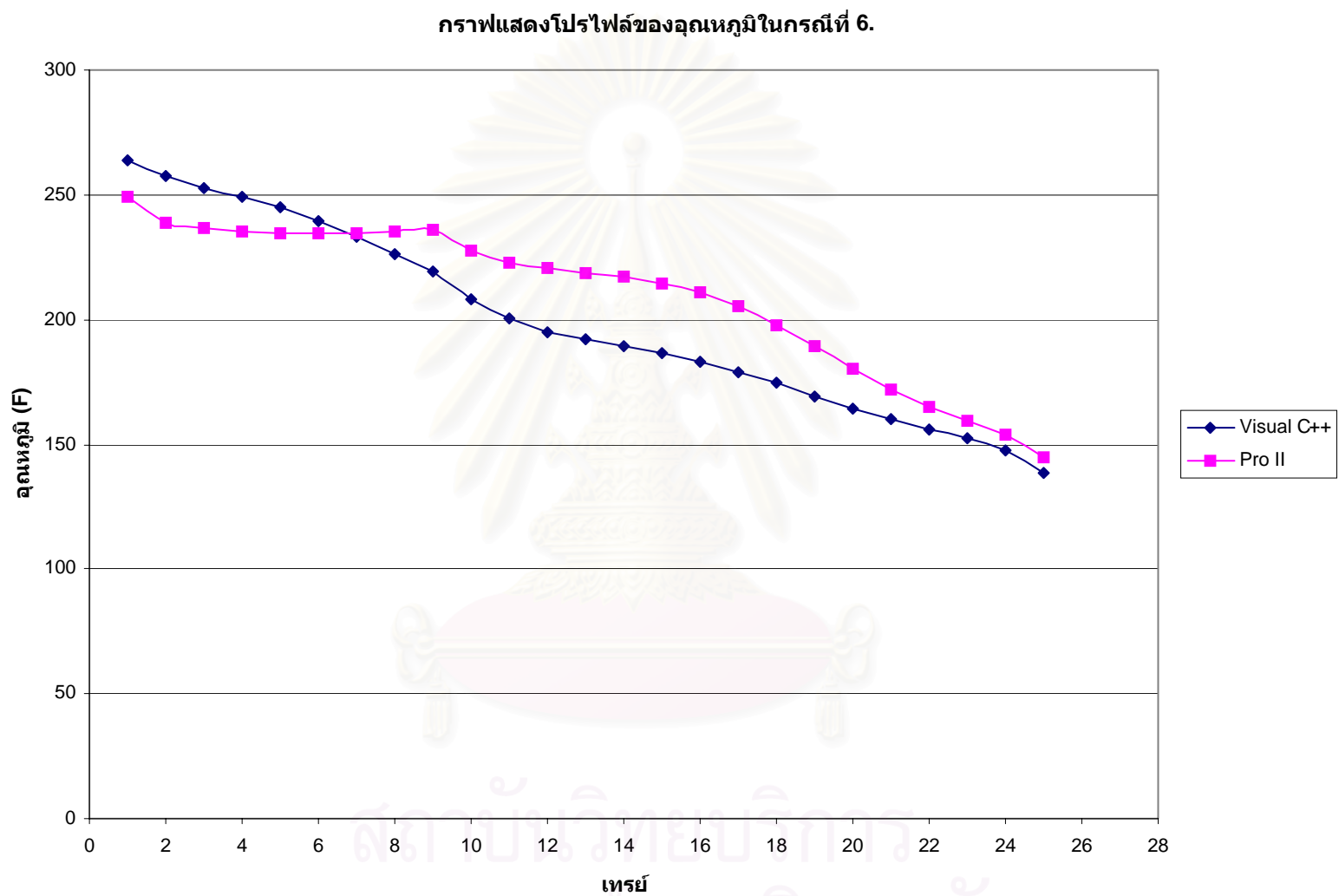
ตารางที่ 5.16 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 6

Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
Propane	0.1677	0.1897	11.5973	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1604	0.1797	10.7401	0.0002	0.0002	5.0000
N-Butane	0.6447	0.6044	6.6678	0.0048	0.0054	12.7083
Isopentane	0.0250	0.0237	5.4852	0.1359	0.1532	12.7299
N-Pentane	0.0022	0.0025	12.0000	0.2201	0.2411	9.5229
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6390	0.6001	6.0845
Flow (lbmol/hr)	198.4387	182.9043	8.4932	1202.2000	1082.0907	9.9908
Temperature (F)	137.7500	129.2267	6.5956	276.7200	249.5488	9.8190

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.17 ผลการคำนวณอุณหภูมิ(ฟาเรนไฮต์) ของหอกลับในแต่ละเทรย์
ในกรณีที่ 6

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	264.02	249.5	5.4996
2	257.52	238.4	7.4247
3	252.94	236.4	6.5391
4	248.98	235.3	5.4944
5	244.74	234.8	4.0615
6	239.64	234.6	2.1032
7	233.45	234.7	0.5354
8	226.5	235.2	3.8411
9	219.55	235.8	7.4015
10	207.95	227.6	9.4494
11	200.14	222.9	11.3720
12	195.2	220.4	12.9098
13	191.83	218.8	14.0593
14	189.08	217.2	14.8720
15	186.28	214.7	15.2566
16	183	210.9	15.2459
17	179.03	205.3	14.6735
18	174.39	197.9	13.4813
19	169.39	189.2	11.6949
20	164.51	180.1	9.4766
21	160.09	171.9	7.3771
22	156.18	165.2	5.7754
23	152.34	159.4	4.6344
24	147.44	153.5	4.1101
25	138.51	145.1	4.7578



รูปที่ 5.17 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 6

กรณีที่ 7. เปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกลิ้นแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงรูปเปิด) กับโปรแกรม โปรทู (PRO II) ด้วยภาวะเดียวกับกรณีที่ 2. แต่เปลี่ยนอุณหภูมิของสายป้อนค่า 221.94 ฟาเรนไฮต์ ดังตาราง

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในสายผลิตภัณฑ์ยอดหอและก้นหอในกรณีที่ 7

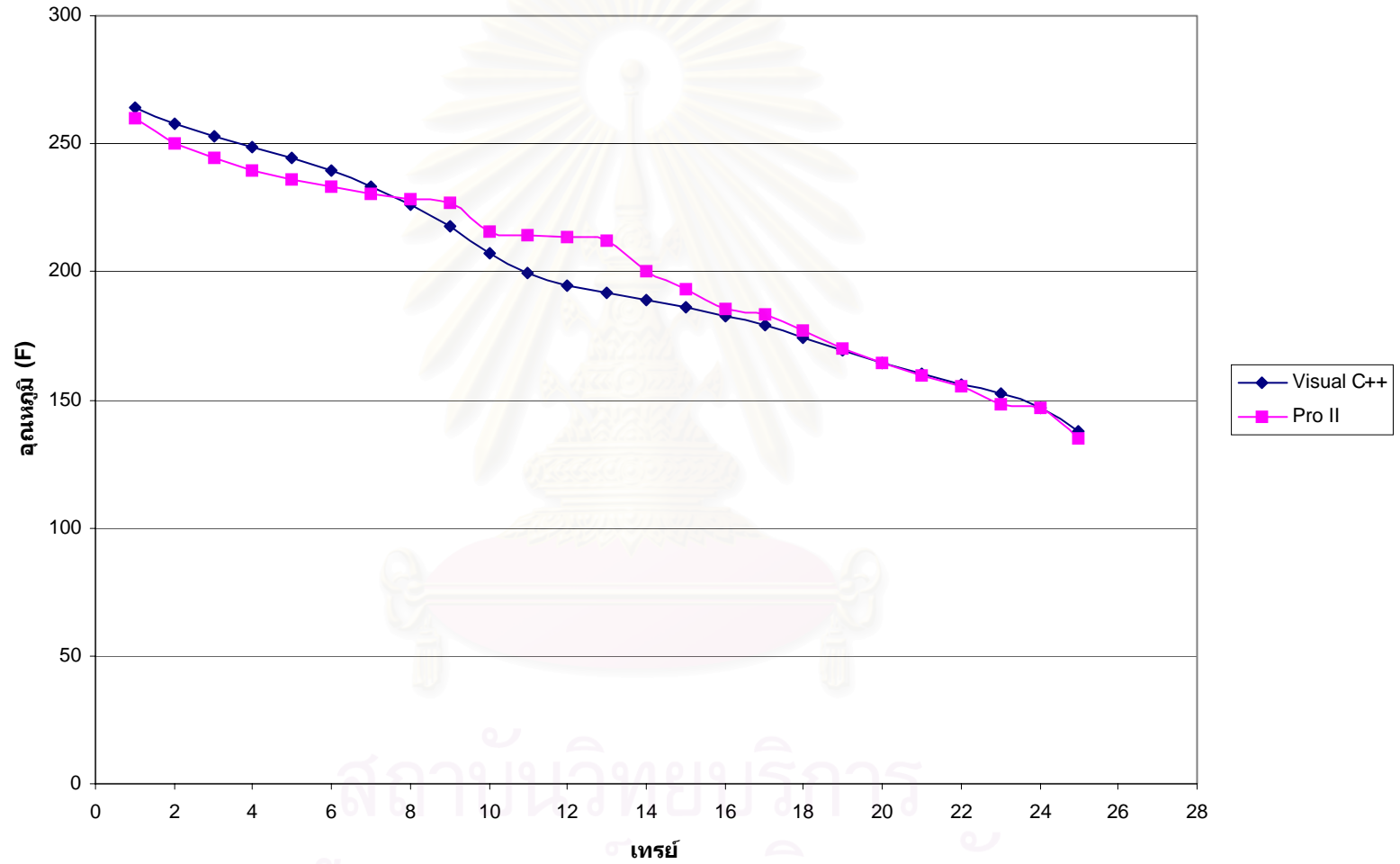
Component	Distillate			Bottom		
	(Visual C++)	(Pro II)	% Error	Visual C++	(Pro II)	% Error
Propane	0.1709	0.1920	10.9896	0.0000	0.0000	0.0000
Isobutane	0.1604	0.1702	5.7579	0.0002	0.0002	10.0000
N-Butane	0.6418	0.6140	4.5277	0.0047	0.0052	10.2128
Isopentane	0.0247	0.0218	13.3028	0.1370	0.1531	11.7518
N-Pentane	0.0022	0.0020	10.0000	0.2215	0.2411	8.8262
N-Hexane	0.0000	0.0000	0.0000	0.6365	0.6005	5.6638
Flow (lbmol/hr)	268.7602	255.9854	4.9904	1220.5000	1038.0096	14.9521
Temperature (F)	137.3400	134.9694	1.7564	276.5200	260.0676	5.9498

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.19 ผลการคำนวณอุณหภูมิ(ฟาเรนไฮต์) ของหอกลับในแต่ละเทอร์ย์
ในกรณีที่ 7

Tray No.	(Visual C++)	(Pro II)	% Error
1	264.02	260.1	1.4847
2	257.52	250.4	2.7648
3	252.94	244.3	3.4158
4	248.99	239.8	3.6909
5	244.77	236.1	3.5421
6	239.67	233.1	2.7413
7	233.36	230.6	1.1827
8	225.98	228.5	1.1151
9	218.12	226.6	3.8878
10	207.03	215.4	4.0429
11	199.48	214.3	7.4293
12	194.73	213.5	9.6390
13	191.51	212.2	10.8036
14	188.86	200.5	6.1633
15	186.11	193.3	3.8633
16	182.85	185.2	1.2852
17	178.88	183.6	2.6386
18	174.23	177.1	1.6472
19	169.25	170.1	0.5022
20	164.38	164.5	0.0730
21	159.97	159.8	0.1063
22	156.05	155.1	0.6088
23	152.13	148.3	2.5176
24	147.07	146.9	0.1156
25	137.93	135	2.1243

กราฟแสดงโปรไฟล์ของอุณหภูมิในกรณีที่ 7.



รูปที่ 5.18 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในแต่ละเทรย์เปรียบเทียบกับ Pro II ของกรณีที่ 7

5.4 วิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมค่าตัวแปรต่างๆที่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลจากโปรแกรมโปรทูล (Pro II) โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 0 - 15% การวิเคราะห์ผลการทดสอบแนวโน้มเชิงพลวัตดังนี้

5.4.1 การทดสอบผลโดยการเพิ่มความดันภายในของหอกลับแบบสแต็ค

เมื่อเพิ่มความดันภายในของหอกลับมากขึ้น อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอยมีค่าลดลง ในขณะที่อัตราการให้ความร้อนหม้อต้มช้าเท่าเดิม ทำให้อุณหภูมิในหม้อต้มช้ามีค่าเพิ่มขึ้น สารเบาระเหยเป็นไอขึ้นไปบนส่วนยอดหอยมีปริมาณน้อยลง ทำให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอยมีค่าลดลง และอุณหภูมิที่ยอดหอยลดลง

5.4.2 การทดสอบผลโดยการเพิ่มอัตราการไหลของสายป้อนแบบสแต็ค

เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสายป้อนมากขึ้น ของเหลวที่ไหลลงด้านล่างของหอยมีปริมาณมากขึ้น ในขณะที่อัตราการให้ความร้อนหม้อต้มช้าเท่าเดิม ทำให้อุณหภูมิในหม้อต้มช้ามีค่าลดลง สารเบาระเหยเป็นไอได้น้อยลง อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอยมีค่าเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนของสารเบาในสายมีค่าเพิ่มขึ้น ไอที่ขึ้นไปบนยอดหอยมีปริมาณมากขึ้นทำให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอยเพิ่มขึ้น

5.4.3 การทดสอบผลโดยการเพิ่มอุณหภูมิของสายป้อนแบบสแต็ค

เมื่ออุณหภูมิของสายป้อนเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของของเหลวที่ไหลลงด้านล่างหอยมีปริมาณลดลง ในขณะที่อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อหม้อต้มช้าเท่าเดิม ทำให้อุณหภูมิในหม้อต้มช้าเพิ่มขึ้น สารเบาระเหยเป็นไอได้มากขึ้น อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ก้นหอยมีค่าลดลง และอัตราส่วนของสารเบาในสายมีค่าลดลง ในขณะที่เดียวกัน ไอที่ขึ้นไปบนส่วนยอดหอยมีอุณหภูมิสูงขึ้น สารหนักระเหยเป็นไอได้มากขึ้น ทำให้อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ยอดหอยเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนของสารเบาในสายมีค่าลดลง

5.5 ตัวอย่างการรันโปรแกรมกรณีที่มีการควบคุม

ในงานวิจัยนี้ใช้โครงสร้างของการควบคุมองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง โดยที่ทำการควบคุมตัวแปรในแต่ละห่อที่ทำการควบคุม 3 ตัว คือ อุณหภูมิกันห่อ ระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์ และระดับของของเหลวในหม้อต้มซ้ำ โดยที่หอกลับทั้ง 2 ห่อต่อแบบขนานกัน สายป้อนมีภาวะเดียวกันใช้หอกลับขนาดเท่ากัน แต่มีความดันภายในหอกลับไม่เท่ากัน โดยที่ห่อที่มีความดันสูงกว่าจะส่งความร้อนที่ออกมาจากเครื่องควบแน่นส่งไปให้ความร้อนในหม้อต้มซ้ำของหอกลับที่มีความดันต่ำกว่า ในการควบคุมหอกลับจากแบบจำลองกระบวนการนี้ควบคุมได้ยากเนื่องในหอกลับมีตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการจำนวนมากและค่าแกนของกระบวนการที่เราต้องการควบคุมนี้มีค่าน้อยมาก ดังนั้นในการควบคุมจึงใช้ฟังก์ชันบล็อกที่มีอยู่ในระบบ CENTUM CS3000 มาช่วยอย่างมากนอกจากตัวควบคุม ทั้งนี้เมื่อรันโปรแกรมแบบไม่มีตัวควบคุมได้ผลของค่าแกนของกระบวนการมีค่าน้อยมาก ทำให้การควบคุมยาก จึงมีการนำฟังก์ชันบล็อก CALCU และ FUNC-VAR มาช่วยในการแปรค่าตัวแปรกระบวนการและตัวปรับกระบวนการให้มีหน่วยเดียวกัน จากนั้นจึงหาพารามิเตอร์ของการควบคุม

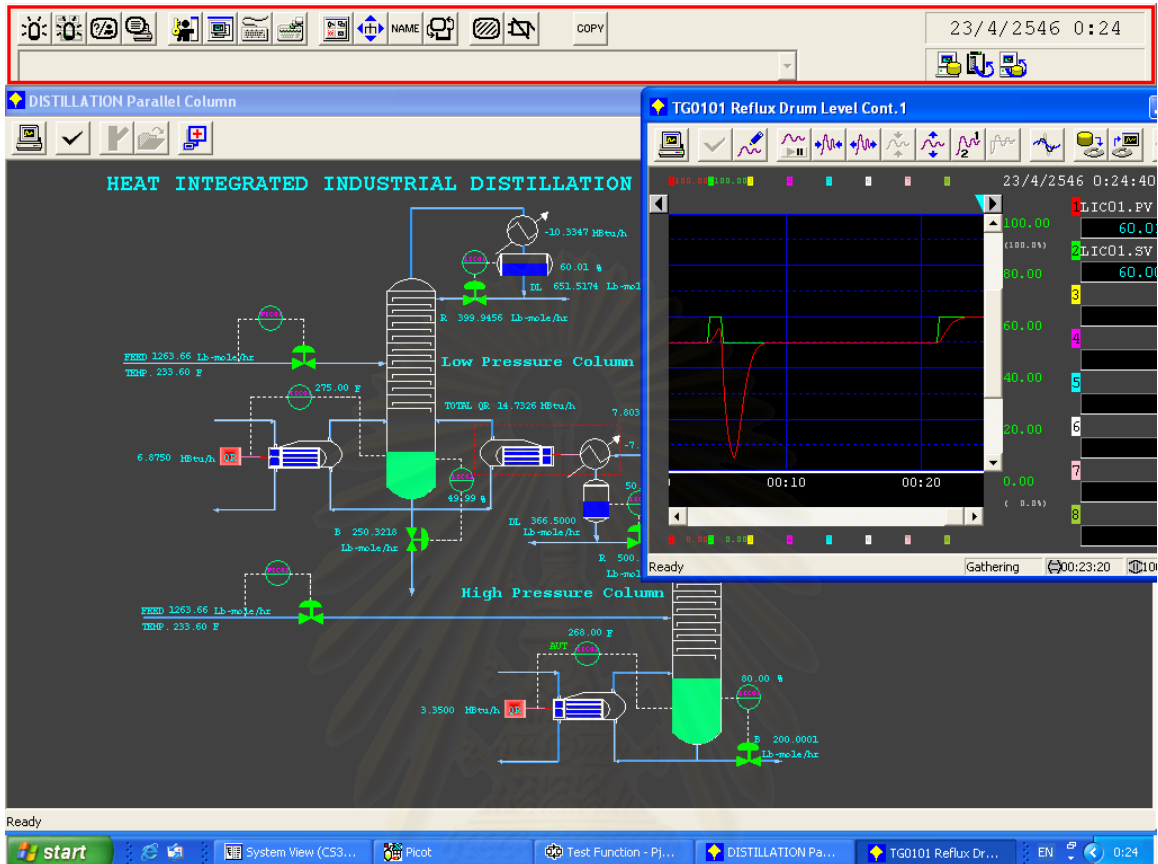
5.5.1 ควบคุมระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์คริมของหอกลับความดันต่ำในระบบ CENTUM CS3000

ในการควบคุมระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์คริมของหอกลับความดันต่ำได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมได้ดังนี้

$$P = 130 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

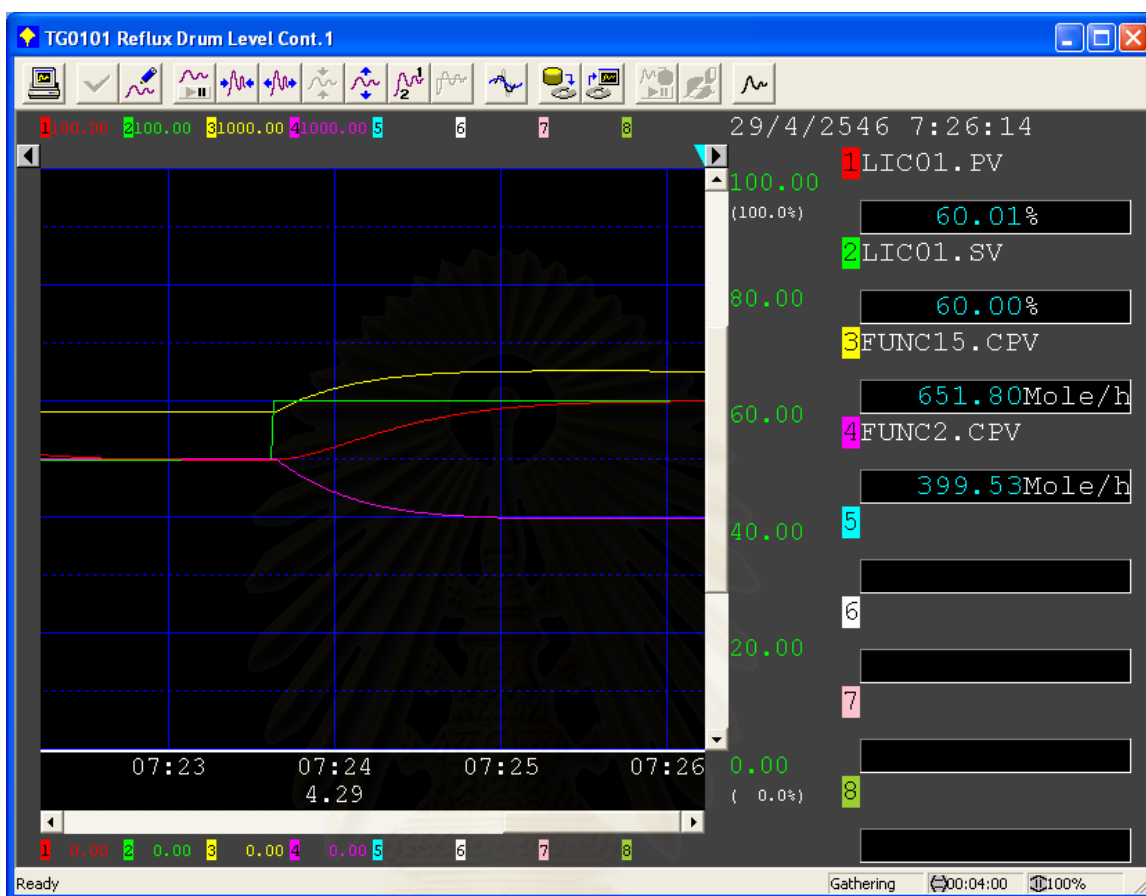
$$I = 20 \text{ วินาที}$$

$$D = 2 \text{ วินาที}$$



รูปที่ 5.19 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์ดรัมของหอกลั่นความดันต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว
ในถังรีฟลักซ์ดรัม ของหอกลั่นความดันต่ำ

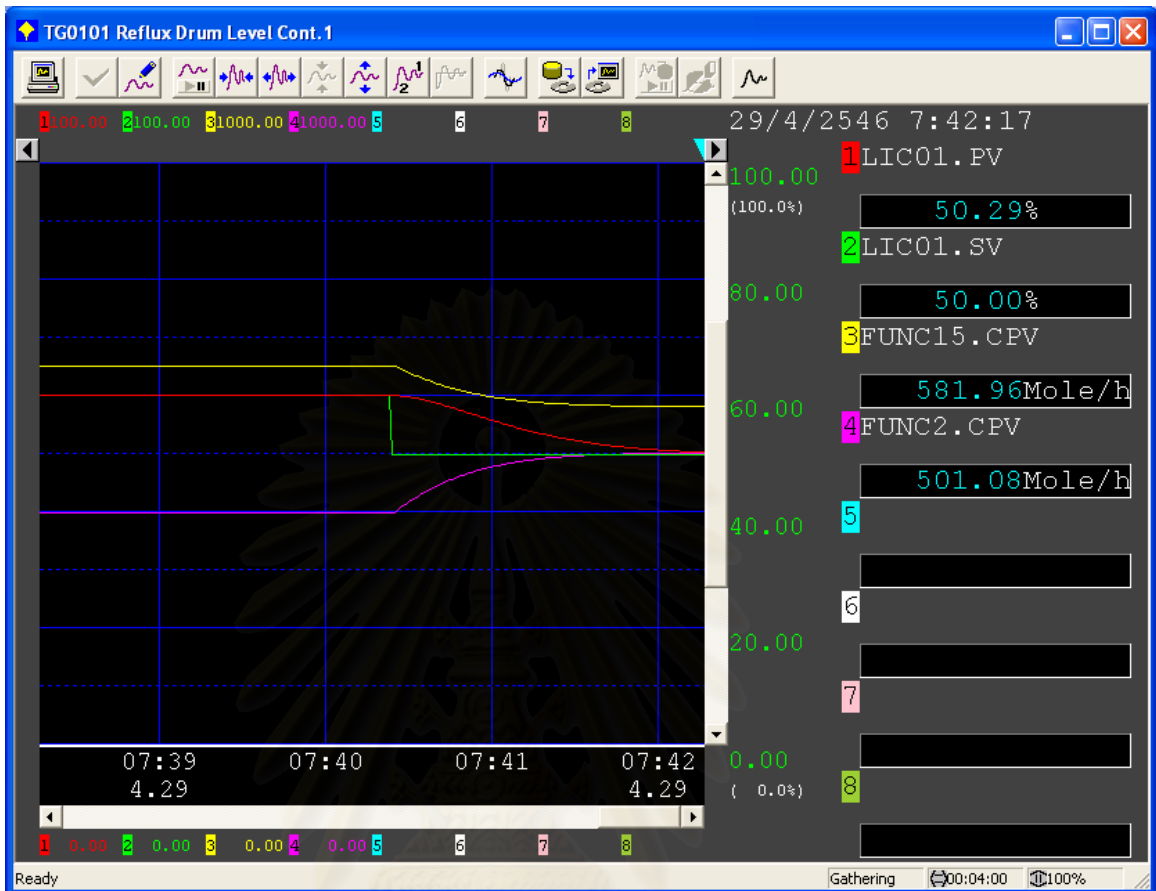
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีม่วง คือ ค่าปรับกระบวนการ ในที่นี้จะป้อนอัตราการไหลของของเหลว
ที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)

เส้นกราฟสีเหลือง คือ อัตราการไหลของดิสทิลเลท (D)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมจาก 50% เป็น 60% จะเห็น
ว่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R) จะลดลง เพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมาย
ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกัน อัตราการไหลของดิสทิลเลท (D) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าระดับของเหลว
เท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)จะคงที่



รูปที่ 5.21 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว
ในถังรีฟลักซ์ดรัม ของหอกลั่นความดันต่ำ

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ (ระดับของของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม)

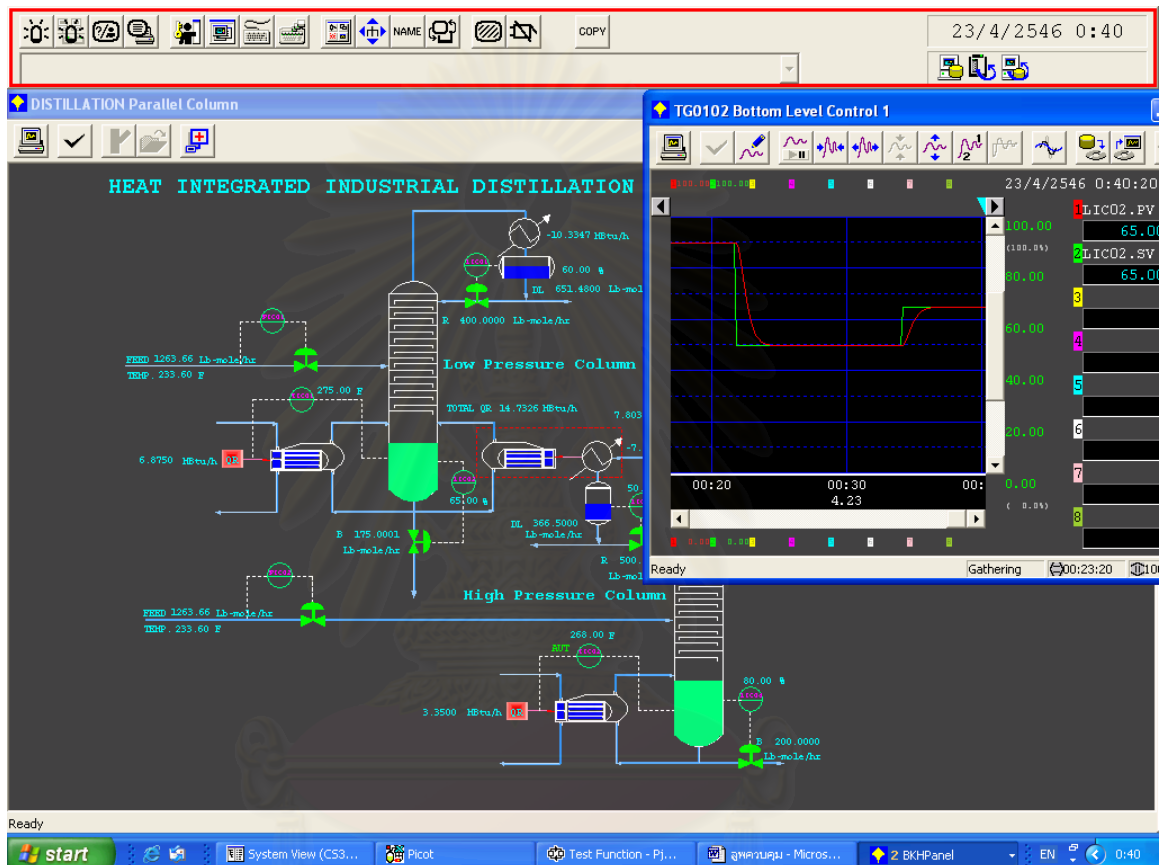
เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีม่วง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นอัตราการไหลของของเหลว
ที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)

เส้นกราฟสีเหลือง คือ อัตราการไหลของดิสทิลเลต (D)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายของระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมจาก 60% เป็น 50% จะเห็นว่า
อัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R) จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมาย
ที่ลดลง ในขณะเดียวกัน อัตราการไหลของดิสทิลเลต (D) มีค่าลดลง เมื่อค่าระดับของเหลวเท่ากับ
ค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R) จะคงที่

5.5.2 ภาพควบคุมระดับของของเหลวในหอของหอกลั่นความดันต่ำของระบบ CENTUM CS3000



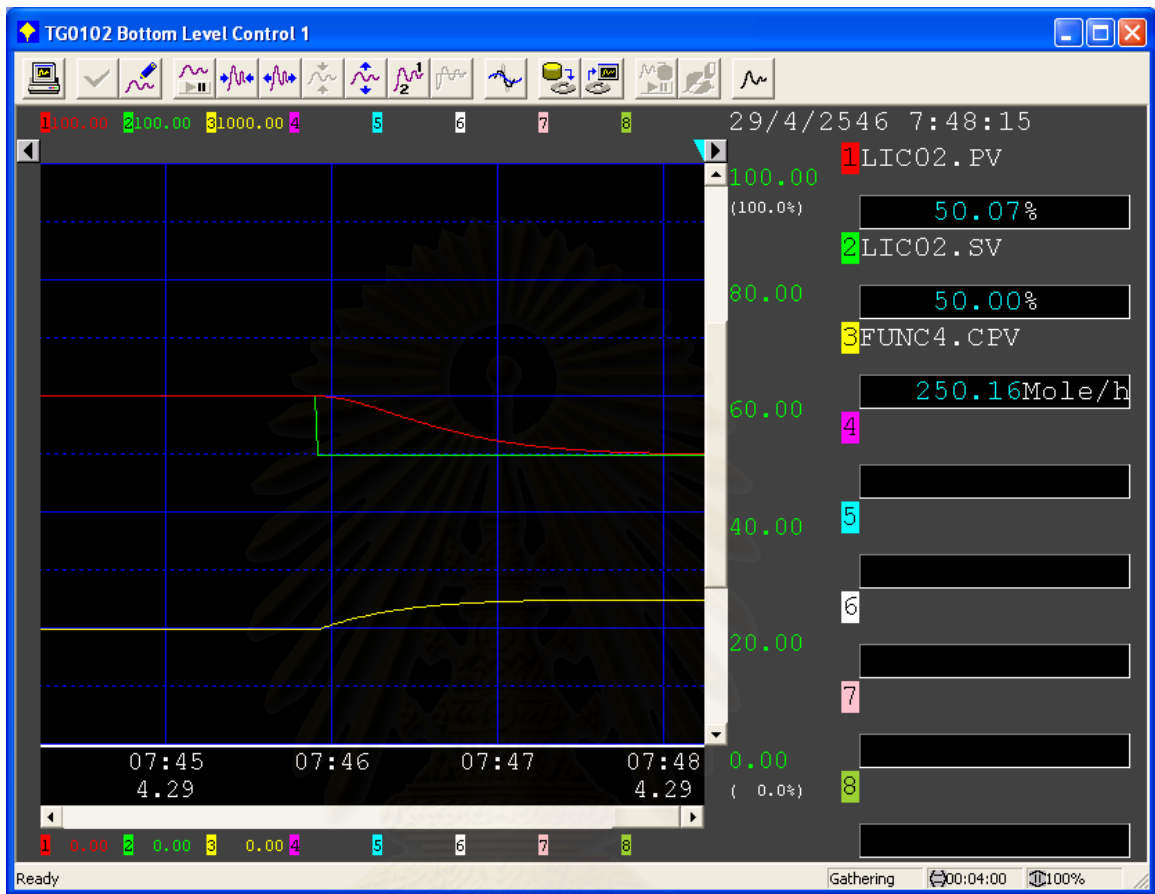
รูปที่ 5.22 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวในหอ
ในหอกลั่นความดันต่ำ

ในการควบคุมระดับของของเหลวในหอ ในหอกลั่นความดันต่ำ ได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมดังนี้

$$P = 130 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$I = 30 \text{ วินาที}$$

$$D = 4 \text{ วินาที}$$



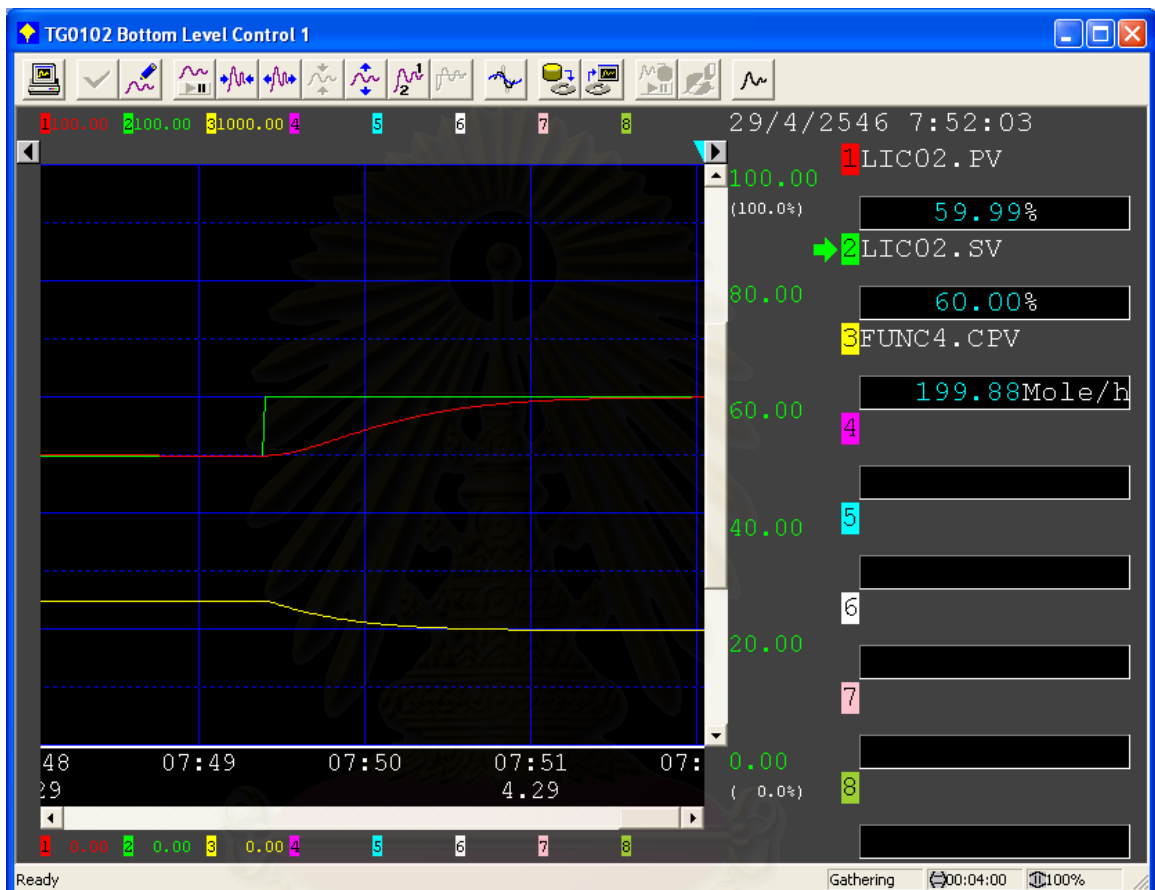
รูปที่ 5.23 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวที่กั้นหอ
ในหอกลั่นความดันต่ำ

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวที่กั้นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวที่กั้นหอมีค่าตามที่
ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นอัตราการไหลของ
ของเหลวที่ออกจากหอกลั่น (B)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายของระดับของเหลวที่กั้นหอจาก 60% เป็น 50% จะเห็นว่าค่า
อัตราการไหลของของไหลที่ออกจากหอกลั่นจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมายที่ลดลง เมื่อ
ค่าระดับของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลจะคงที่



รูปที่ 5.24 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวที่กั้นหอ
ในหอกลั่นความดันต่ำ

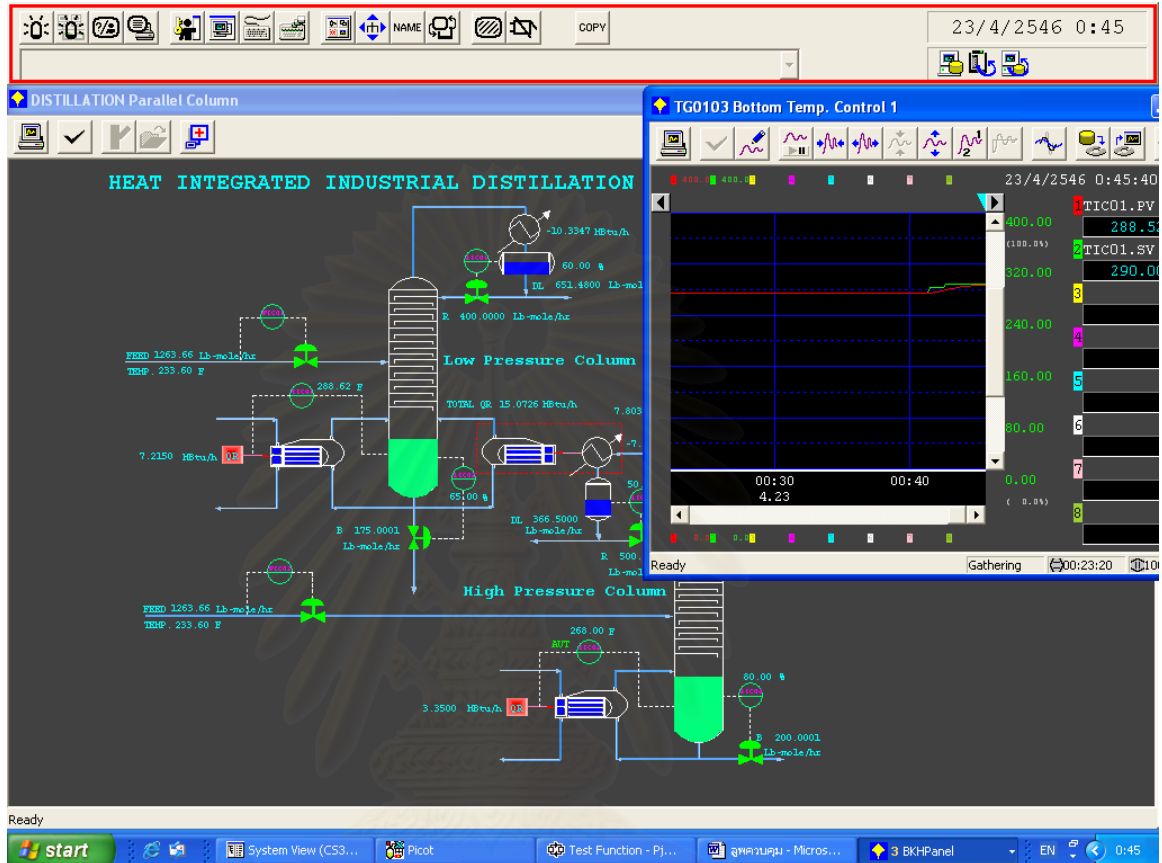
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวที่กั้นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวที่กั้นหอมีค่าตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นอัตราการไหลของ
ของเหลวที่ออกจากหอกลั่น (B)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของระดับของเหลวที่กั้นหอจาก 50% เป็น 60% จะเห็นว่าค่า
อัตราการไหลของของไหลที่ออกจากหอกลั่นจะลดลงเพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมายเพิ่มขึ้นตาม
ค่าที่ต้องการหลังจาก เมื่อระดับของเหลวได้ตามค่าเป้าหมายแล้วค่าอัตราการไหลจะคงที่

5.5.3 ภาพควบคุมอุณหภูมิที่กั้นหอในหอกลั่นความดันต่ำของระบบ CENTUM CS3000



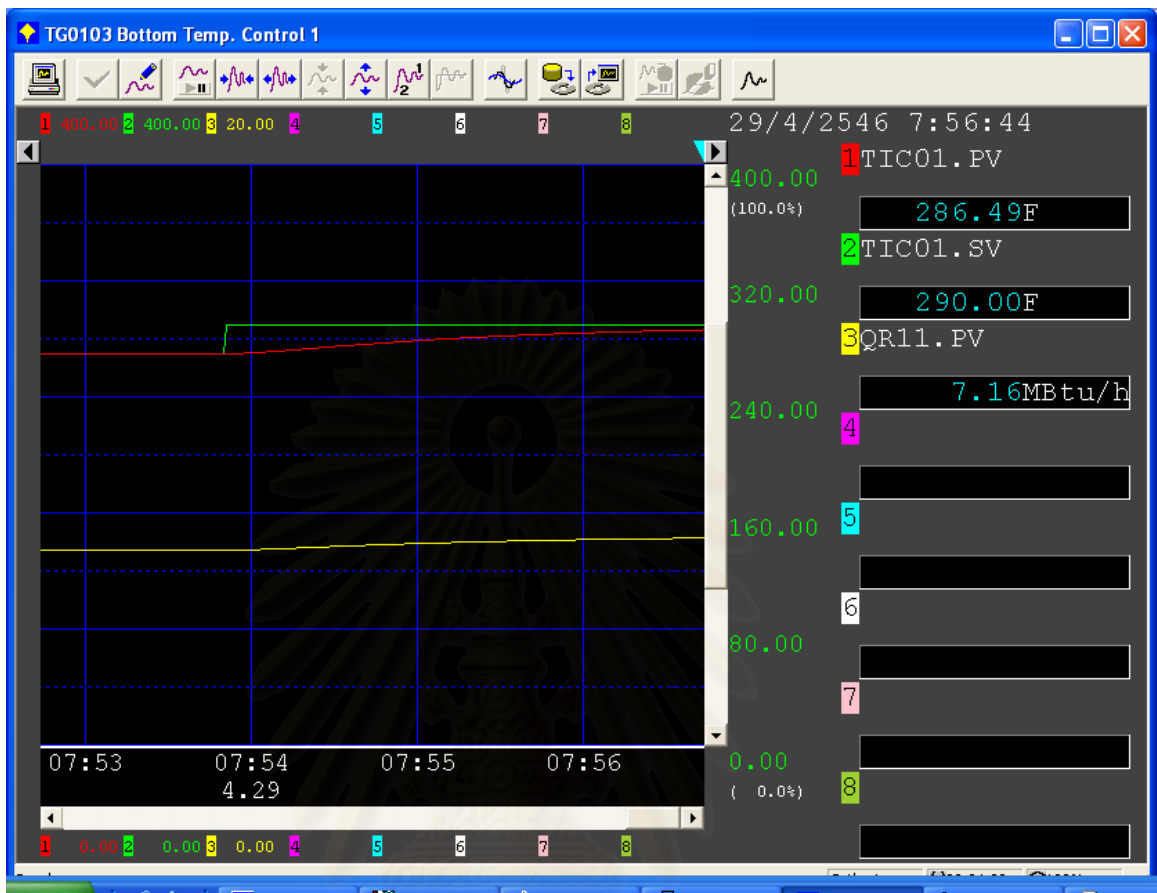
รูปที่ 5.25 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิที่กั้นหอในหอกลั่นความดันต่ำ

ในการอุณหภูมิที่กั้นหอในหอกลั่นความดันต่ำได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมดังนี้

$$P = 132 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$I = 45 \text{ วินาที}$$

$$D = 5 \text{ วินาที}$$



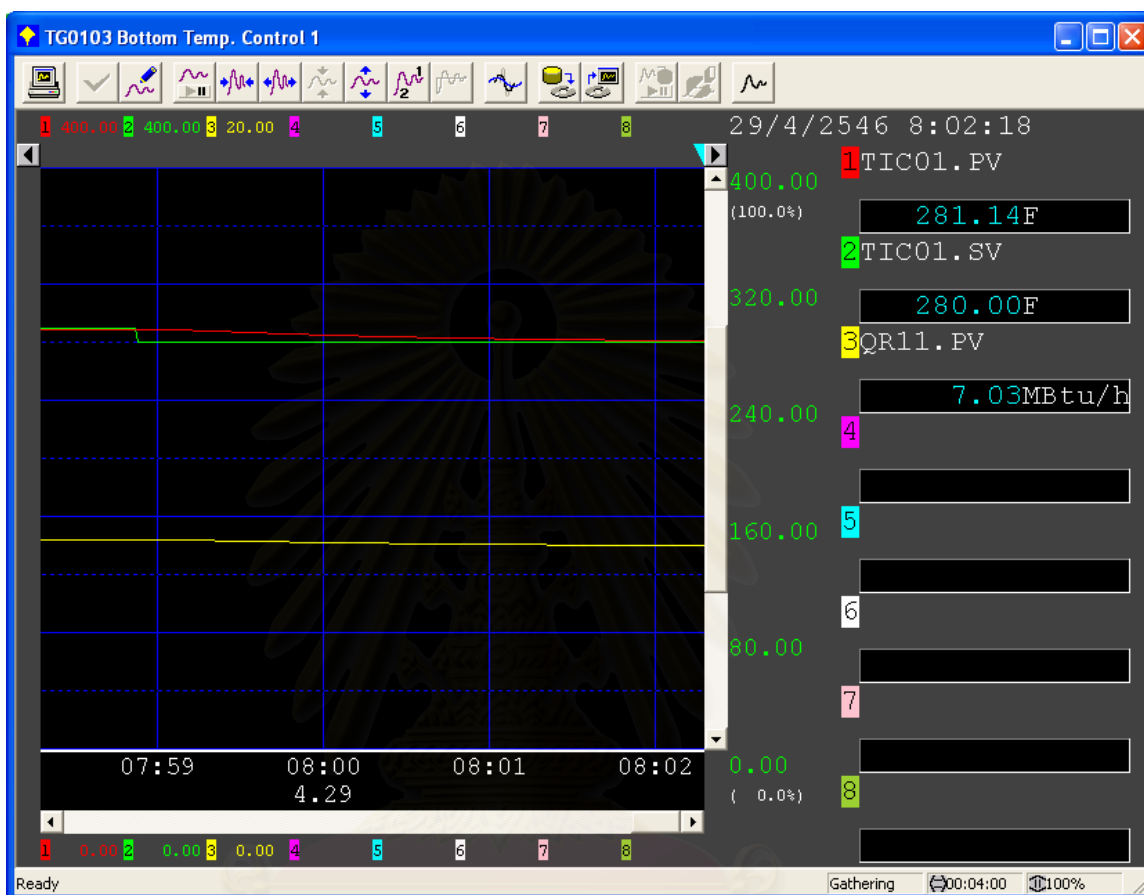
รูปที่ 5.26 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอ
ในหอกลั่นความดันต่ำ

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(อุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้อุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นความร้อนที่ให้แก่
หม้อต้มซ้่า (QR)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายอุณหภูมิของเหลวที่กั่นหอจาก 270 ฟาเรนไฮต์ เป็น 290
ฟาเรนไฮต์ จะเห็นว่าค่าความร้อนที่ให้แก่หม้อต้มซ้่าจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายอุณหภูมิ
ของเหลวที่กั่นหอที่เพิ่มขึ้น เมื่อค่าอุณหภูมิของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าความร้อนที่
ให้แก่หม้อต้มซ้่าจะเริ่มคงที่



รูปที่ 5.27 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ
ในหอกลั่นความดันต่ำ

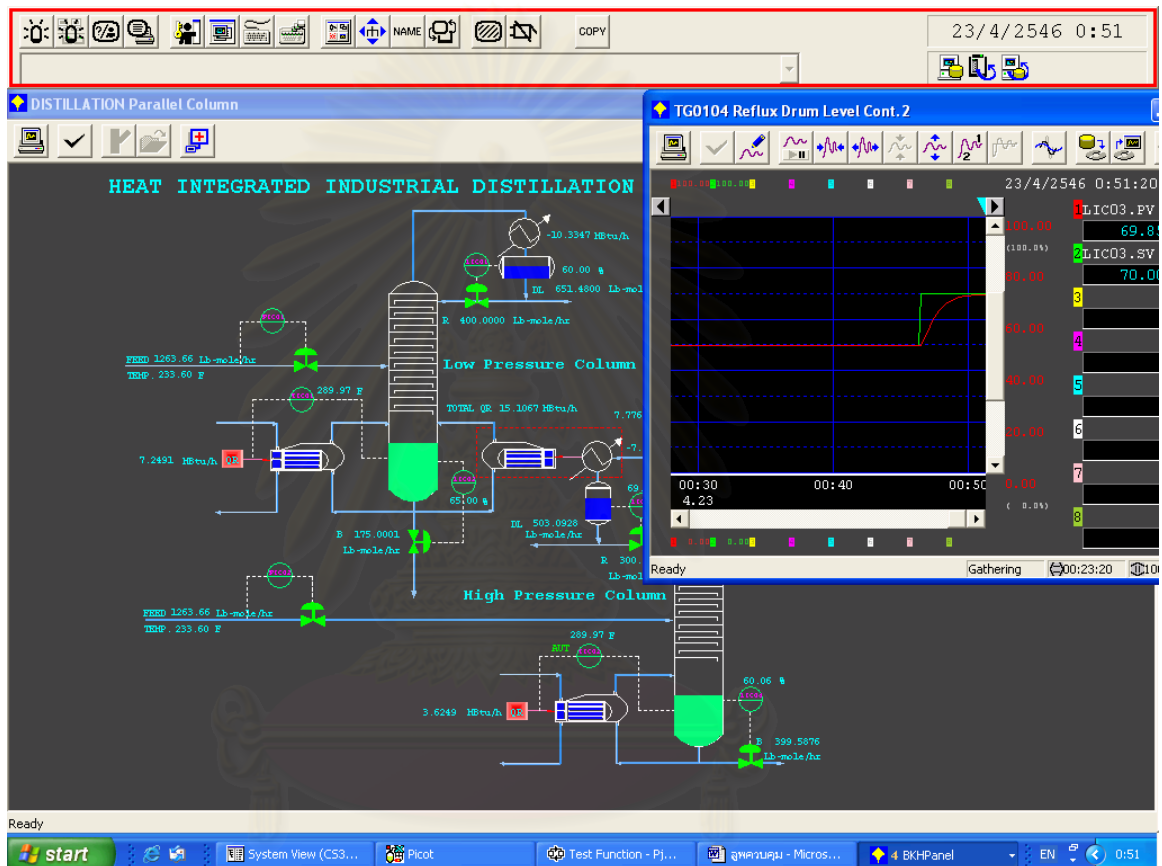
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(อุณหภูมิของของเหลวที่ก้นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้อุณหภูมิของของเหลวที่ก้นหอมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นความร้อนที่ให้แก
หม้อต้มซ้่า(QR)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายอุณหภูมิของเหลวที่ก้นหอจาก 290 ฟาเรนไฮต์ เป็น 280
ฟาเรนไฮต์ จะเห็นว่าค่าความร้อนที่ให้แกหม้อต้มซ้่าจะลดลงเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายอุณหภูมิ
ของเหลวที่ก้นหอที่ลดลง เมื่อค่าอุณหภูมิของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าความร้อนที่
ให้แกหม้อต้มซ้่าจะเริ่มคงที่

5.5.4 ลูฟควบคุมระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์ครัม ของหอกลั่นความดันสูงของระบบ CENTUM CS3000

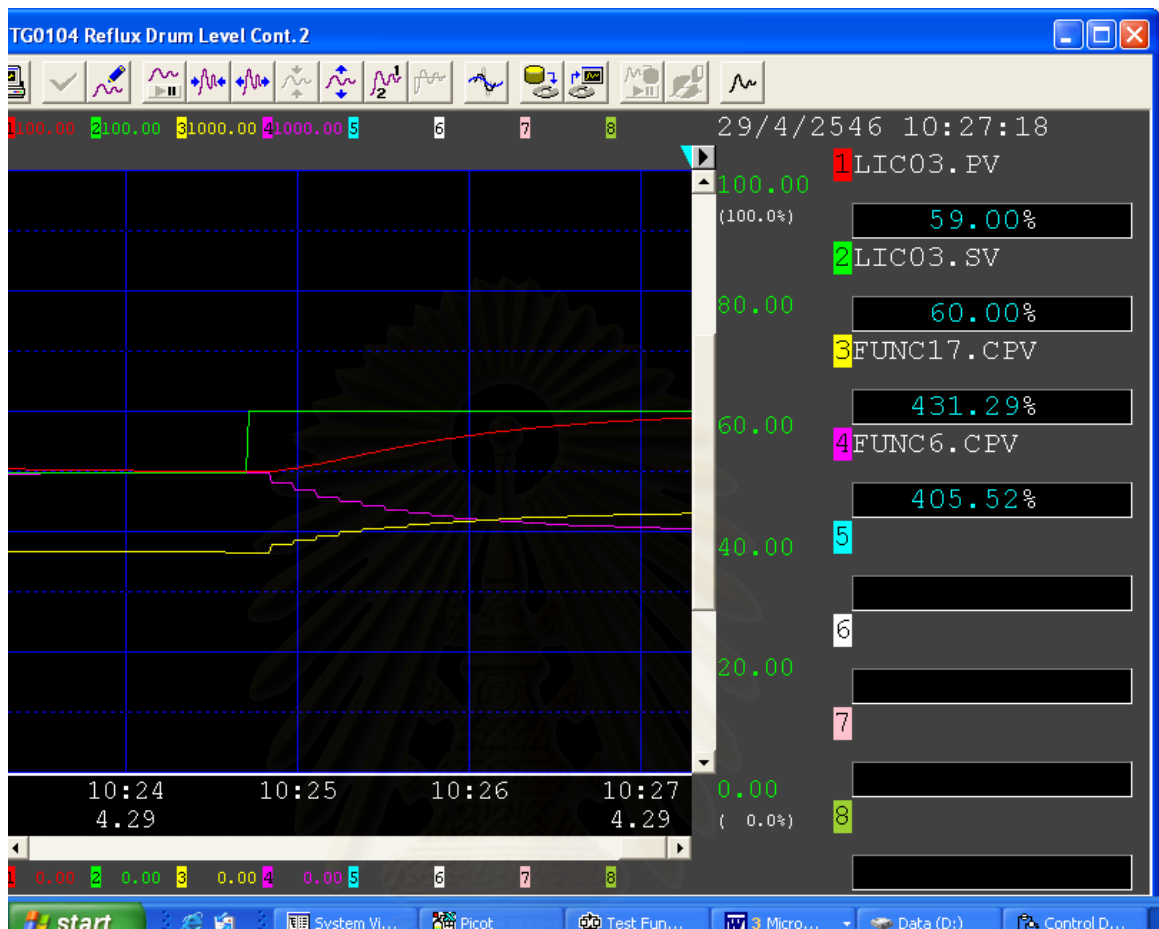


รูปที่ 5.28 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวในถังรีฟลักซ์ครัม
ของหอกลั่นความดันสูง
ได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมดังนี้

$$P = 150 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$I = 30 \text{ วินาที}$$

$$D = 3 \text{ วินาที}$$



รูปที่ 5.29 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว
ในถังรีฟลักซ์ดรัม ของหอกลั่นความดันสูง

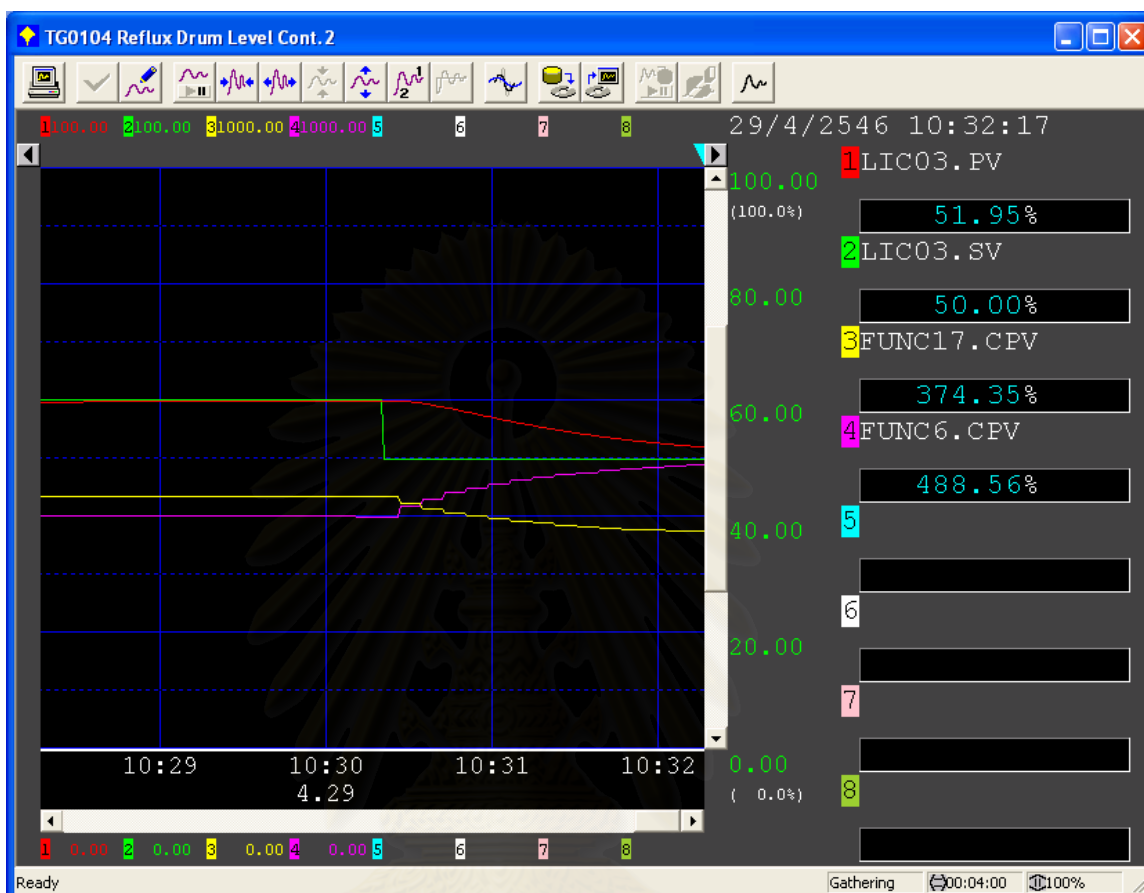
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมมี
ค่าตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีม่วง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี้จะเป็นอัตราการไหลของ
ของเหลว ที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)

เส้นกราฟสีเหลือง คือ อัตราการไหลของดิสทิลเลท (D)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมจาก 50% เป็น 60% จะเห็นว่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R) จะลดลง เพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมายที่เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน อัตราการไหลของดิสทิลเลท (D) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าระดับของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)จะคงที่



รูปที่ 5.30 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลว
ในถังรีฟลักซ์ดรัม ของหอกลั่นความดันสูง

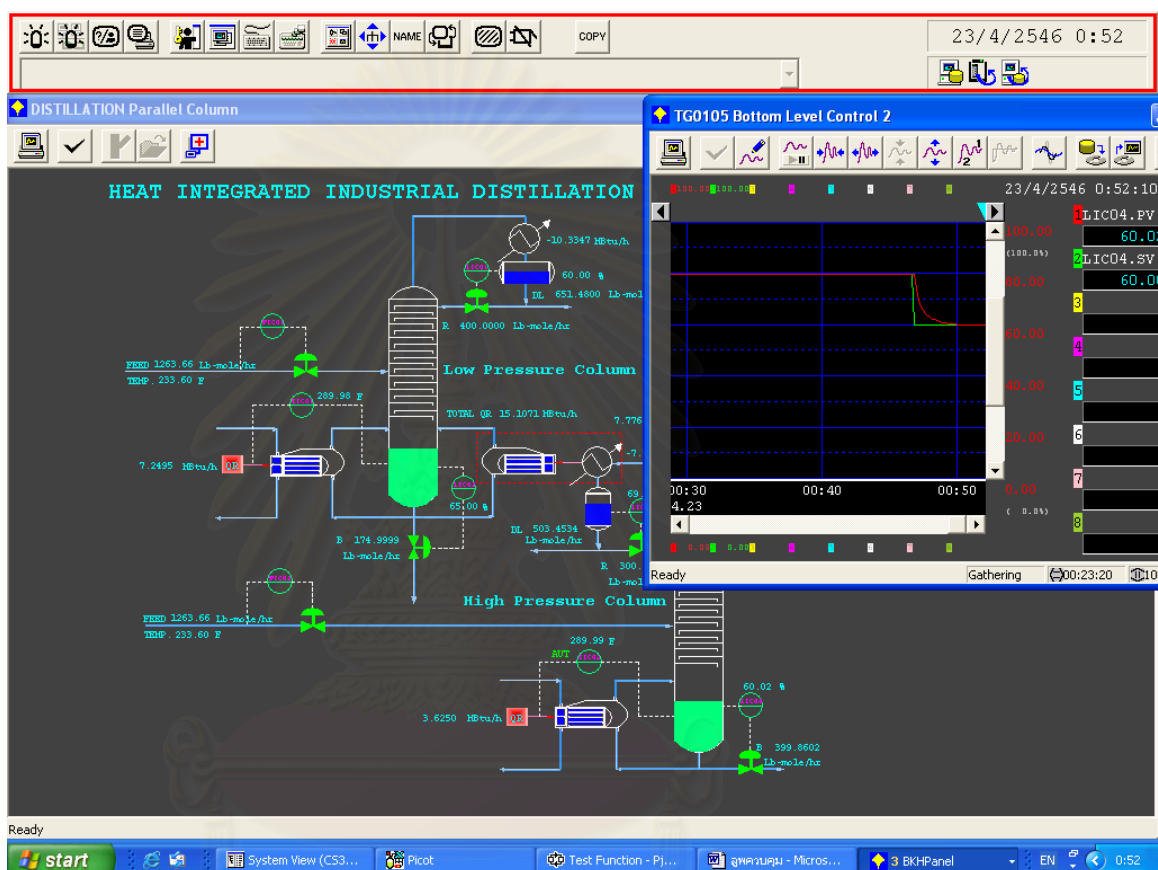
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวในรีฟลักซ์ดรัม)
เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีม่วง คือ ค่าปรับกระบวนการ ในที่นี้จะเป็นอัตราการไหลของของเหลว
ที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)

เส้นกราฟสีเหลือง คือ อัตราการไหลของดิสทิลเลต (D)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายของระดับของเหลวในรีฟลักซ์ดรัมจาก 60% เป็น 50% จะเห็นว่า
อัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R) จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมาย
ที่ลดลง ในขณะเดียวกัน อัตราการไหลของดิสทิลเลต (D) มีค่าลดลง เมื่อค่าระดับของเหลวเท่ากับ
ค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลของของเหลวที่ไหลกลับเข้าหอกลั่น (R)จะคงที่

5.5.5 ภาพควบคุมระดับของของเหลวในหอกลั่นความดันสูงของระบบ CENTUM CS3000



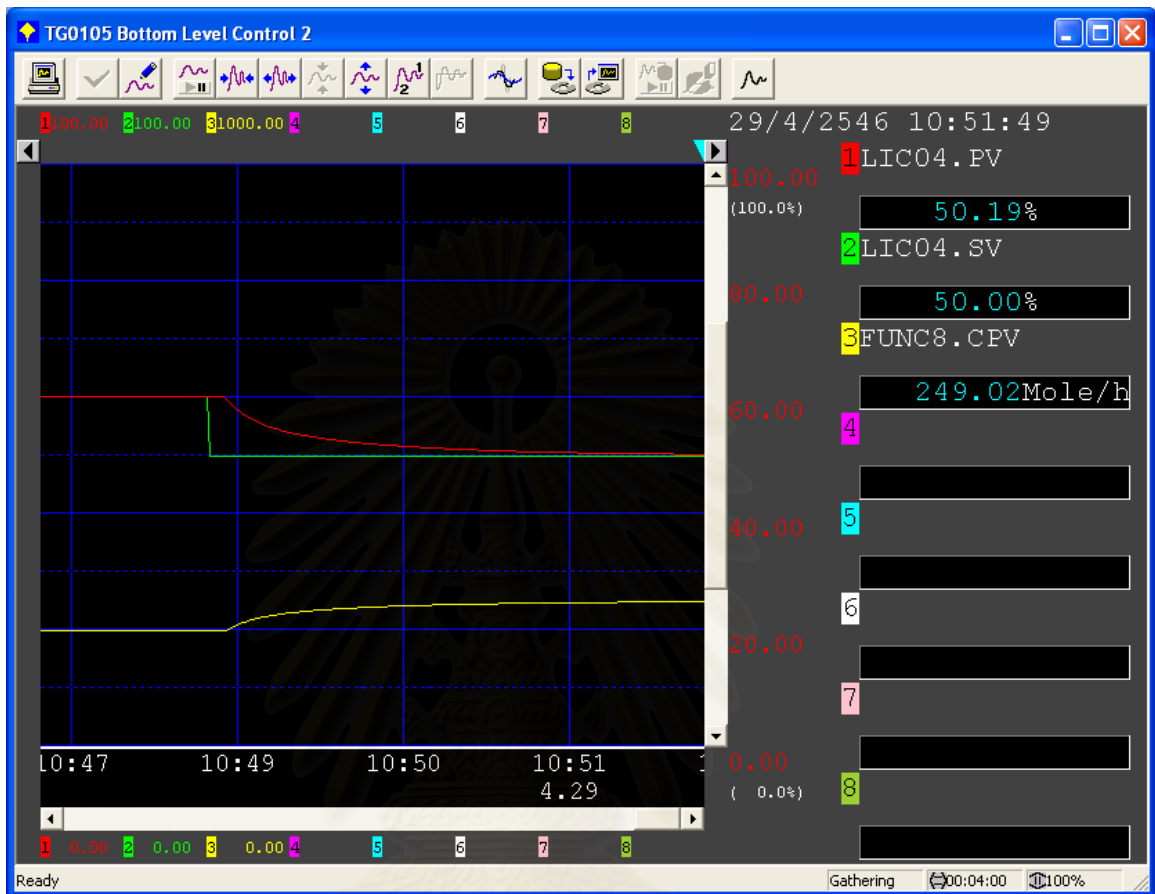
รูปที่ 5.31 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวในหอกลั่นความดันสูง

ในการควบคุมระดับของของเหลวในหอกลั่นความดันสูง

ได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมดังนี้

$P = 150$ เปอร์เซ็นต์

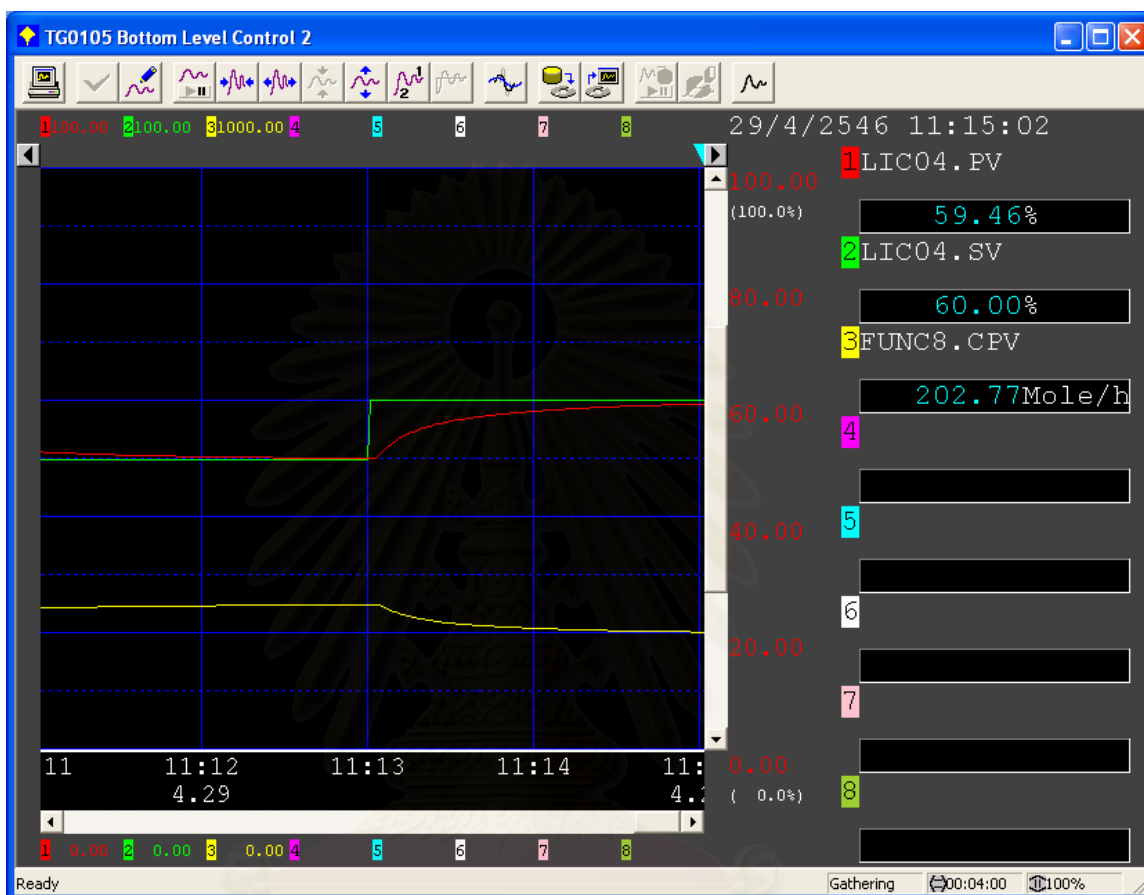
$I = 25$ วินาที



รูปที่ 5.32 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวที่กั้นหอ
ในหอกลั่นความดันสูง

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ (ระดับของของเหลวที่กั้นหอ)
เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวที่กั้นหอมีค่าตามที่
ต้องการ
เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นอัตราการไหลของ
ของเหลวที่ออกจากหอกลั่น (B)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายของระดับของเหลวที่กั้นหอจาก 60% เป็น 50% จะเห็นว่าค่า
อัตราการไหลของของไหลที่ออกจากหอกลั่นจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมายที่ลดลง เมื่อ
ค่าระดับของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าอัตราการไหลจะคงที่



รูปที่ 5.33 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมระดับของของเหลวที่กั้นหอ
ในหอกลั่นความดันสูง

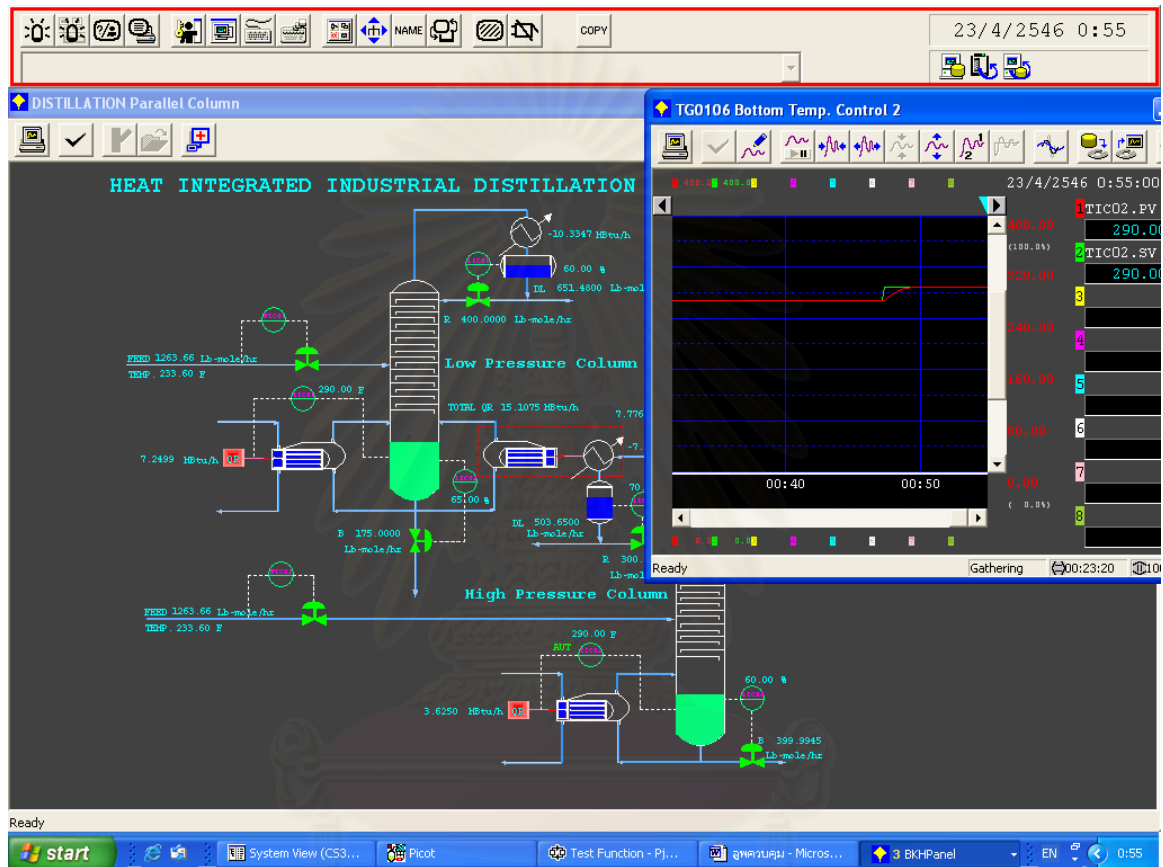
จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(ระดับของของเหลวที่กั้นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้ระดับของเหลวที่กั้นหอมีค่าตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นอัตราการไหลของของเหลวที่ออกจากหอกลั่น (B)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของระดับของเหลวที่กั้นหอจาก 50% เป็น 60% จะเห็นว่าค่าอัตราการไหลของของไหลที่ออกจากหอกลั่นจะลดลงเพื่อให้ได้ระดับตามค่าเป้าหมายเพิ่มขึ้นตามค่าที่ต้องการหลังจาก เมื่อระดับของเหลวได้ตามค่าเป้าหมายแล้วค่าอัตราการไหลจะคงที่

5.5.6 ควบคุมอุณหภูมิกันหอนหอกลิ้นความดันสูงของระบบ CENTUM CS3000



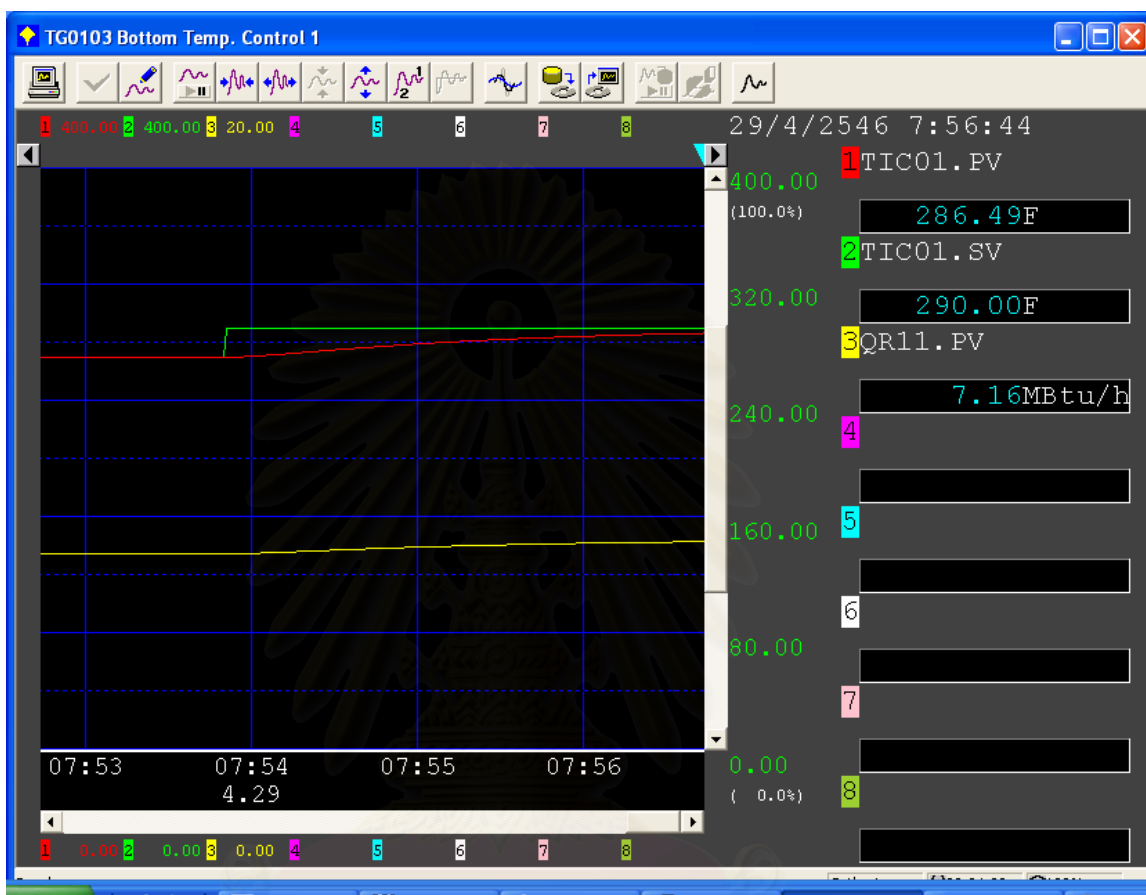
รูปที่ 5.34 ตัวอย่างการเปลี่ยนค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิกันหอนหอกลิ้นความดันสูง

ได้หาพารามิเตอร์ในการควบคุมดังนี้

$P = 130$ เปอร์เซ็นต์

$I = 24$ วินาที

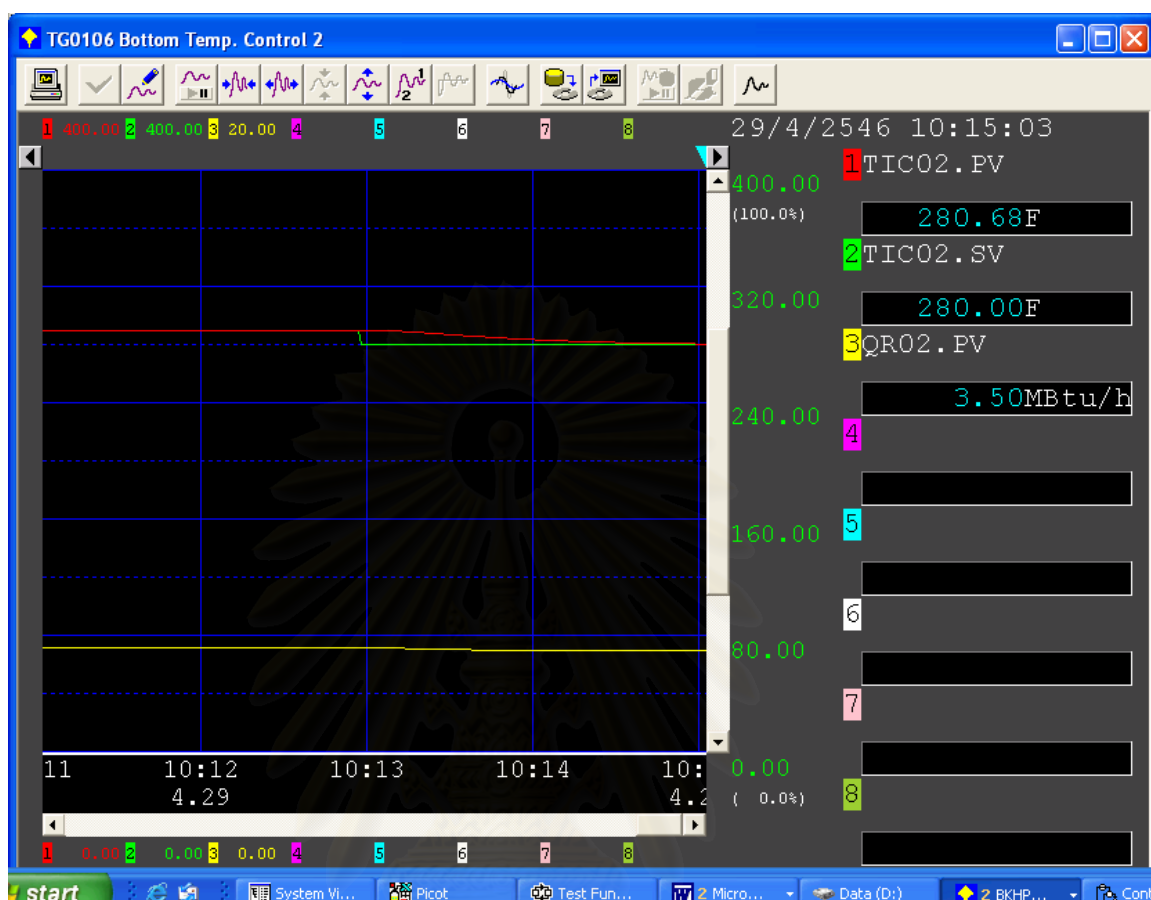
$D = 5$ วินาที



รูปที่ 5.35 แสดงผลการตอบสนองเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวก้นหอ ในหอกลับความดันสูง

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ (อุณหภูมิของของเหลวที่ก้นหอ)
 เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้อุณหภูมิของของเหลวที่ก้นหอมีค่าตามที่ต้องการ
 เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นความร้อนที่ให้แก่มื้อต้มซ้ำ (QR)

จากรูปเมื่อเพิ่มค่าเป้าหมายอุณหภูมิของเหลวที่ก้นหอจาก 270 ฟาเรนไฮต์ เป็น 290 ฟาเรนไฮต์ จะเห็นว่าค่าความร้อนที่ให้แก่มื้อต้มซ้ำจะเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายอุณหภูมิของเหลวที่ก้นหอที่เพิ่มขึ้น เมื่อค่าอุณหภูมิของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าความร้อนที่ให้แก่มื้อต้มซ้ำจะเริ่มคงที่



รูปที่ 5.36 แสดงผลการตอบสนองเมื่อลดค่าเป้าหมายของตัวควบคุมอุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอ
ในหอกลั่นความดันสูง

จากรูป เส้นกราฟสีแดง คือ ค่าตัวแปรกระบวนการ(อุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอ)

เส้นกราฟสีเขียว คือ ค่าเป้าหมายที่ต้องการให้อุณหภูมิของของเหลวที่กั่นหอมีค่า
ตามที่ต้องการ

เส้นกราฟสีเหลือง คือ ค่าปรับกระบวนการในที่นี่จะเป็นความร้อนที่ให้แก่
หม้อต้มซ้ำ (QR)

จากรูปเมื่อลดค่าเป้าหมายอุณหภูมิของเหลวที่กั่นหอจาก 290 ฟาเรนไฮต์ เป็น 280
ฟาเรนไฮต์ จะเห็นว่าค่าความร้อนที่ให้แก่หม้อต้มซ้ำจะลดลงเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายอุณหภูมิ
ของเหลวที่กั่นหอที่ลดลง เมื่อค่าอุณหภูมิของเหลวเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนดแล้วค่าความร้อนที่
ให้แก่หม้อต้มซ้ำจะเริ่มคงที่

บทที่ 6

สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้เขียนโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการของหอกถัน 2 หอ ที่มีการใช้พลังงานร่วมกันโดยหอที่มีความดันสูงส่งพลังงานความร้อนที่ได้จากการคายความร้อนของเครื่องควบแน่นให้กับหม้อต้มซ้ำของหอที่มีความดันต่ำ การเขียนโปรแกรมเลียนแบบกระบวนการด้วยโปรแกรมภาษาวิซวล ซี พลัส พลัส (Visual C++) และ ทำการควบคุมด้วยฟังก์ชันบล็อกในระบบควบคุมแบบดิจิตอลรุ่น CENTUM CS3000 ทั้งนี้เพื่อเป็นโปรแกรมในการทดสอบและตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมการควบคุมกระบวนการที่วิศวกรออกแบบระบบควบคุมได้ออกแบบให้กับกระบวนการของลูกค้าที่ไม่ได้มีการเขียนแบบจำลองกระบวนการไว้ก่อน นอกจากนี้การเขียนโปรแกรมนี้อยู่เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการฝึกอบรมวิศวกร บุคลากรและนักศึกษาที่มีความสนใจ ให้มีความรู้ ในการควบคุมกระบวนการของหอกถันและได้ศึกษาโครงสร้างการเขียนโปรแกรมควบคุมและการใช้งานของการควบคุมในระบบดิจิตอลรุ่น CENTUM CS3000 ของบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด โปรแกรมแบบจำลองนี้มีความง่ายในการใช้งาน ผู้ใช้สามารถกำหนด โครงสร้างของหอกถัน ค่าสถานะของสายป้อน และสายผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ในส่วนติดต่อกับ ผู้ใช้การแสดงผลในหน้ากราฟิกมีเป็นตัวเลขของตัวแปรกระบวนการและแสดงผลโดยกราฟซึ่งรันตามเวลาเพื่อดูแนวโน้มเชิงพลวัตที่เกิดขึ้น

การทดสอบโปรแกรมเปรียบเทียบกับโปรแกรมแบบจำลองหอกถันแบบพลวัต ในหนังสือ Process Modelling, Simulation, and Control For Chemical Engineers. ซึ่งเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา Fortran สำหรับสารป้อนที่มี 5 องค์ประกอบ และเปรียบเทียบผลการรันแบบจำลองหอกถันแบบพลวัตแบบยังไม่มีตัวควบคุม (วงลูปเปิด) กับโปรแกรมโปรทู (PRO II) สำหรับสารป้อนหลายองค์ประกอบ 6 องค์ประกอบ ที่สถานะเดียวกัน จากผลการทดสอบแนวโน้มของค่าตัวแปรต่างๆ ไปในทางเดียวกัน ความถูกต้องอยู่ในระดับหนึ่ง โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 – 15 %

6.2 ปัญหาและข้อจำกัดของโปรแกรม

1. โปรแกรมการเขียนแบบกระบวนการของหอกลับในงานวิจัยนี้มีการป้อนค่าได้ไม่เกิน 10 สาร
2. จำนวนเทรย์ของหอกลับที่ใช้ไม่เกิน 50 เทรย์
3. สารป้อนควรมีอุณหภูมิอยู่ระหว่างอุณหภูมิจุดก่อกวนตัว และจุดเดือด
4. ผู้ใช้ควรมีความรู้เกี่ยวกับหอกลับและการควบคุมกระบวนการด้วยระบบดีซีเอสพอสมาการ

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาต่อในส่วนการจำลองกระบวนการที่ละเอียดขึ้นถึงพลวัตของเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ
2. ควรมีการเขียนโปรแกรมแบบจำลองกระบวนการอื่นๆ ด้วยโปรแกรมภาษาวิซวลเบสิก (Visual Basic) หรือ วิซวล ซี พลัส พลัส (Visual C++) เพื่อนำมาเชื่อมต่อการควบคุมด้วยดีซีเอส ทั้งนี้เนื่องจากในระบบดีซีเอสมีฟังก์ชันบล็อกน้อย ไม่สามารถทำการเขียนแบบกระบวนการในระบบที่มีตัวแปรหลายตัวได้ แต่จะใช้ได้ดีสำหรับการเขียนแบบกระบวนการที่มีตัวแปรตัวเดียวเช่น ฟังก์ชันบล็อก DELAY เป็นต้น
3. ควรขยายผลของการใช้พลังงานร่วมกันของหอกลับ 2 หอขึ้นไป จากข้อมูลของหอกลับที่มีการใช้งานจริง
4. ควรขยายผลให้มีการดึงผลิตภัณฑ์ออกด้านข้าง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัญจนา บุญเกียรติ. การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534

ธันนดร สุนทรกมล. PACS-i : โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการฝึกอบรมพลศาสตร์และการควบคุมหอกลับ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

นิรุช อำนาจศิลป์. Visual C++ Version 6. บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด, 2521

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล. วิศวกรรมการกลั่นจากห้องทดลองถึงโรงงาน. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538

ผลสุดี พันธุ์ศักดิ์ศิริ. ระบบฐานความรู้สำหรับการออกแบบระบบการควบคุมหอกลับ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

วารินทร์ เอี่ยมธีระไพบูลย์. แบบจำลองทางพลศาสตร์แบบแบ่งส่วนสำหรับหอกลับชนิดหลายองค์ประกอบ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สมหวัง ชัยกิตติวิเศษย์. การเขียนแบบสมรรถนะเชิงพลวัตของระบบควบคุมหอกลับ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

อุระพงษ์ พงศ์ราศรี. การเปรียบเทียบโครงสร้างการควบคุมหอกลับโดยใช้ MATLAB. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ภาษาอังกฤษ

David M. Himmelblau, Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, Fifth edition, Prentice-Hall International Editions, 1989.

Ernest J. Henley., J.D. Seader. Equilibrium-stage separation operations in chemical engineering. New York : John Wiley & Sons, 1981.

Fleischer, M.T., and D.M. Prett., Simplified Techniques for Simulating Complex Columns, Chem. Eng. Prog., Vol. 77., pp. 72, 1981

Holland C. D., Multicomponent Distillations, Englewood Cliffs, Prentice-Hall Inc., N.J. 1963.

John A. Dean. Lange's handbook of chemistry. Fifteenth Edition New York. : McGraw-Hill, INC.,

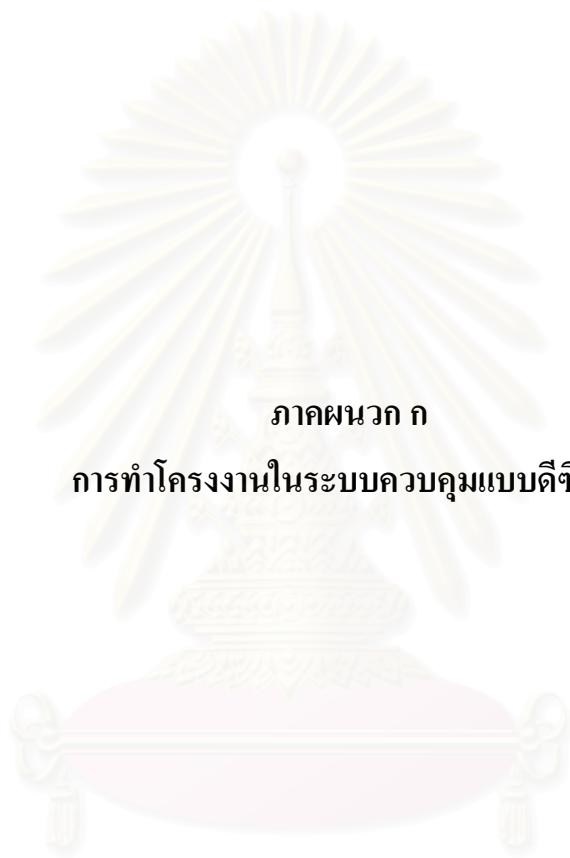
Shinskey, F.G., Distillation Control for Productivity and Energy Conservation. Inc., USA., McGraw-Hill, 1977.

Unnop Limpai boon. Simulation of distillation column dynamics and control. A thesis for the degree of master of engineering Department of Chemical Engineering Chulalongkorn University, 1995.

W.L. Luyben, Process Modeling Simulation and Control for Chemical Engineers, McGraw-Hill International Editions, 1974.

William L. Luyben. Process modeling, simulation, and control for chemical engineering. New York : McGraw-Hill, 1989.

William L. Luyben, Editor. Practical distillation control. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992



ภาคผนวก ก

การทำโครงการในระบบควบคุมแบบดิจิทัล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การทำโครงการในระบบควบคุมแบบดิจิทัล

บทนำ

เมื่อต้องการใช้ระบบควบคุมแบบดิจิทัล ควบคุมกระบวนการผลิต การวางแผนงานทั้งหมดก่อนจะปฏิบัติ (Project Planing) เป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึงเป็นเรื่องแรก จากบทที่ 3 ได้อธิบายให้เข้าใจระบบ CENTUM CS 3000 ซึ่งเป็นระบบควบคุมแบบดิจิทัล ในบทนี้จะอธิบายการทำโครงการตั้งแต่การเริ่มวางระบบวางมาตรฐาน การออกแบบส่วนต่างๆ เพื่อให้เข้าใจและนำไปเป็นตัวอย่างในการสร้างโครงการระบบควบคุมแบบดิจิทัลอื่นๆ ได้อย่างเข้าใจ ขั้นตอนการทำงานจัดแบ่งออกได้ดังนี้

1. การเลือกชนิดและขนาดของระบบควบคุมแบบดิจิทัล
2. การกำหนดระยะเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน (Scheduler)
3. การออกแบบระบบ

- การออกแบบ ฮาร์ดแวร์
- การออกแบบ ซอฟต์แวร์

4. การสร้างและการตรวจสอบระบบควบคุมแบบ ดิจิทัล

- ในการเลือกซื้อระบบควบคุมด้วยดิจิทัลนี้จะมีหลายระบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนของสัญญาณอินพุต และ เอาพุตที่ใช้ในโรงงานนั้น

5. การเตรียมระบบและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Envelopment Prepare)
6. การเริ่มการใช้ระบบ (Start up)

1. การเลือกชนิดและขนาดของระบบควบคุมแบบดิจิทัล

การเลือกรุ่น และ ขนาดของระบบควบคุมแบบดิจิทัล จะขึ้นกับลักษณะการใช้งาน โดยแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ดังนี้

- ขนาดของกระบวนการที่จะควบคุม ซึ่งระบบควบคุมแบบดิจิตอลสามารถควบคุมกระบวนการขนาดกลางหรือขนาดใหญ่มีทั้งสัญญาณอะนาล็อก และ สัญญาณดิจิตอล จำนวนมาก และแบ่งกระบวนการออกเป็นหลายๆกระบวนการย่อย โดยระบบ CENTUM CS 3000 จะเหมาะกับกระบวนการที่มีกระบวนการย่อยหลายๆกระบวนการสัมพันธ์กัน

- ชนิดของกระบวนการควบคุม โดยทั่วไประบบควบคุมแบบดิจิตอลจะใช้ในงานควบคุมควบคุมต่างๆ ทั้งที่เป็นอะนาล็อก และ ดิจิตอล ใช้ได้ดีกับระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ และการควบคุมแบบลำดับขั้น ที่ไม่ต้องการความเร็วสูงมากในการควบคุม (น้อยกว่า 200 ms/scan) ซึ่งเหมาะกับกระบวนการทางโรงงานเคมี แต่จะไม่เหมาะในโรงงานทางไฟฟ้าหรือการควบคุมหุ่นยนต์ เป็นต้น

2. การวางแผนการดำเนินงาน

การวางแผนการดำเนินงานที่ถูกต้อง และเหมาะสมจะทำให้การทำโครงการเป็นไปได้ง่ายขึ้น ยิ่งวางแผนได้ละเอียดย่อมส่งผลให้ การติดตามงานเป็นไปได้ง่าย และทันเวลา ทำให้ทุกฝ่ายเตรียมงานได้ง่ายขึ้น

2.1 การแบ่งหน่วยควบคุมโดยปกติจำนวนหน่วยของระบบควบคุมแบบดิจิตอล จะถูกกำหนดไว้ก่อน

การสั่งซื้อโดยประมาณจากสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต “I/O” และความต้องการของโรงงาน แต่ในการกำหนดรายละเอียดของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมด ฮาร์ดแวร์ควรรีบทำให้เสร็จก่อน เพื่อนำไปดำเนินการสั่งของจากต่างประเทศ ซึ่งใช้เวลานานประมาณ 2-3 เดือน ขึ้นกับจำนวนของที่สั่งการ

2.2 อบรมให้เข้าใจถึงระบบนั้นๆ ควรแบ่งส่วนออกตามระยะเวลาดังนี้

ก. ก่อนการออกแบบระบบการทำงาน (Fundamental Engineering Training) เมื่อเริ่มโครงการการเรียนรู้ระบบอย่างละเอียดเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อที่จะสามารถออกแบบระบบที่เหมาะสมที่สุดกับการใช้งาน

ข. หลังจากสร้างระบบแล้วยังไม่ได้ใช้งานกับโรงงานจริง (Operator Training) เป็นการสอนพนักงานควบคุมให้รู้จักการควบคุมโรงงานด้วยระบบควบคุมแบบดิจิตอล โดยใช้ระบบที่สร้างขึ้นมาโดยการจำลองสัญญาณ

ค. การบำรุงรักษาระบบ (Maintenance Training) เป็นการสอนให้วิศวกรโรงงานสามารถแก้ไขปัญหาและบำรุงรักษาระบบบอจทำหลังจากที่ระบบเริ่มทำงานจริงแล้ว

ง. ช่วงออกแบบ “รายการแสดงการออกแบบฟังก์ชัน” (Functional Specification) จะใช้เวลานานพอควรที่จะทำความเข้าใจ และออกแบบระบบทั้งหมด โดยในช่วงเวลานี้ควรมีการประชุมทำความเข้าใจ และออกแบบฟังก์ชันการทำงานจากทั้งผู้ทำโปรแกรม ผู้ที่ใช้งานและผู้บำรุงรักษาเพื่อให้มีความเข้าใจตรงกัน โดยรายการแสดงการออกแบบฟังก์ชันนี้จะเป็นการตกลงในการทำโปรแกรม

2.3 ช่วงตรวจ “รายการแสดงการออกแบบฟังก์ชัน” หลังจากผู้ทำโปรแกรมได้เขียนรายการแสดงการออกแบบฟังก์ชันขึ้นแล้วผู้ใช้งานควรตรวจสอบอย่างละเอียด และส่งผลการตรวจแก้ไขให้ผู้ทำโปรแกรมภายในเวลาที่กำหนด

2.4 ช่วงการทำโปรแกรม และตรวจสอบผู้ทำโปรแกรมเป็นผู้ทำงานแต่ในขณะเดียวกันแล้วทางโรงงานจำเป็นต้องจัดเตรียมสิ่งต่างๆ ให้พร้อมในการใช้ ระบบควบคุมแบบดีซีเอส เช่น ระบบไฟฟ้าสำรอง ห้องควบคุมกระบวนการแบบการวางสายสัญญาณ

2.5 ช่วงการตรวจรับโปรแกรม ผู้ใช้งานจริง (Operator Production) ควรมีส่วนร่วมในการตรวจรับด้วย เพื่อให้โปรแกรมมีความสมบูรณ์ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานที่สุด ถ้ามีการผิดพลาดหรือเข้าใจไม่ตรงกัน จะมีช่วงเวลาแก้ไขก่อนจะนำระบบควบคุมแบบดีซีเอสไปติดตั้งจริง

2.6 ช่วงการตรวจรับโปรแกรมซึ่งจะใช้โปรแกรมจำลองค่าตัวแปรกระบวนการ เพื่อการตรวจเช็คฟังก์ชันทั้งหมด

2.7 ช่วงการติดตั้งและทำการตรวจสอบสัญญาณ เป็นช่วงที่จะทำการตรวจสอบสัญญาณจริง ที่ได้จากอุปกรณ์ควบคุมต่างๆเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ควบคุมทุกตัวทำงานถูกต้อง

2.8 ช่วงการใช้ระบบควบคุมแบบดีซีเอสควบคุมควรให้ผู้ทำโปรแกรม และผู้ที่ออกแบบระบบอยู่ในการเริ่มทำงานและควรเริ่มควบคุมทีละส่วน โดยส่วนอื่นเป็นการควบคุมโดยแมนวล (Manual) ก่อน เมื่อตั้งค่าการควบคุม (Tuning Parameter) ได้แล้วจึงค่อยทำการควบคุมแบบอัตโนมัติต่อไป

2.9 ช่วงการปรับแต่งค่าการควบคุม และการปรับแต่งสัญญาณเตือน หลังจากที่ทำกรเริ่มการควบคุมด้วยระบบควบคุมแบบดีซีเอสแล้ว ผู้ทำโปรแกรมควรใช้เวลาเพื่อเก็บรายละเอียดของการควบคุมให้ดียิ่งขึ้น (Find Tuning) และปรับแต่งโปรแกรมให้ทำงานได้ดีที่สุด มีสัญญาณเตือน

น้อยและมีเฉพาะที่สำคัญ ค่าการรายงานผลถูกต้องซึ่งการปรับแต่งนี้ใช้เวลานาน โดยทั่วไปทางโรงงานจะเป็นผู้ทำ

3. วิธีการออกแบบโครงสร้างและรูปแบบของโปรแกรมระบบควบคุมแบบดีซีเอส

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์
- การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

3.1 การออกแบบโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

ก. การแบ่งหน่วยควบคุมในระบบควบคุมแบบดีซีเอสเป็นการควบคุมแบบแยกส่วนฉะนั้นการแบ่งหน่วยควบคุม หรือ ส่วนระบบควบคุมแบบดีซีเอสนั้น จึงควรคำนึงถึงการใช้งาน ซึ่งอาจจะแบ่งตามกระบวนการ เพื่อความสะดวกในการหยุดระบบเป็นบางส่วนเพื่อทำการซ่อมบำรุง หรืออาจเป็นการแบ่งตามชนิดและความสำคัญของอุปกรณ์ควบคุม เพื่อความประหยัดคือในส่วนที่เป็นหน่วยควบคุมเป็นส่วนสำคัญ อาจจะต้องมีระบบรีดันแดนซ์ (Redundancy CPU) ต้องมีความเร็วสูง ส่วนต่างๆจะต้องไม่เสียหาย (High Reliability) ต้องมีการเก็บอะไหล่ ที่สามารถนำมาใช้ได้ทันที ในกรณีของกระบวนการในล่อนี้ จะแบ่งตามความสำคัญของอุปกรณ์ควบคุม เป็นหน่วยควบคุม และหน่วยอินเทอร์เฟซ กับมนุษย์ โดย หน่วยควบคุมใช้ซีพียู และแบบระบบรีดันแดนซ์ใช้การ์ดรับส่ง

ข. การกำหนดการ์ดควบคุมการส่งรับสัญญาณ (I/O Card) ในแต่ละหน่วยควบคุมขึ้นอยู่กับความต้องการของกระบวนการว่าต้องใช้จำนวนและความสำคัญมากน้อยแค่ไหน ใช้กับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมาก สามารถกำหนดให้เป็นรีดันแดนซ์ได้ถ้าเป็นการ์ดที่ใช้แสดงผลหรืออุปกรณ์ ซึ่งไม่สำคัญมากนัก และไม่มีความสามารถในการรีดันแดนซ์ แต่ราคาจะถูกกว่า ทั้งนี้การเลือกใช้การ์ดแต่ละชนิดควรคำนึงถึง การเก็บอะไหล่ด้วย

ค. การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆในตู้ แต่ละตู้ควรคำนึงถึงต่อไปนี้

1. การระบายอากาศเนื่องจากซีพียู ของหน่วยควบคุมมีความสำคัญมากควรมีการระบายอากาศที่ดี คือมีลมแต่ไม่มีฝุ่น ตัวตู้ควรมีพัดลมระบายอากาศ และมีตัวกรองฝุ่นเพื่อป้องกันฝุ่นปะปน และใน 1 ตู้ ไม่ควรมีซีพียูมากเกินไป เพราะนอกจากจะทำให้ร้อนแล้ว เวลาเกิดปัญหากำลังจ่ายไฟฟ้าในตู้ อาจจะทำให้โรงงานทั้งหมด เสียหายได้

2. ควรมีระยะห่างพอประมาณในการวางตู้เพื่อเกิดช่องว่าง เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน
3. ควรมีป้ายชื่อบอกอุปกรณ์ชนิดต่างๆ รวมทั้งระบบความต่างศักย์ไว้ให้ถูกต้อง
4. ควรมีการเผื่อที่ไว้สำหรับเพิ่มเติมในแต่ละหน่วยควบคุมโดยประมาณดังนี้
ระบบใหม่ ~ 15-20% ระบบที่เปลี่ยนแปลงจากระบบเดิม ~ 10-15% ทั้งนี้ขึ้นกับกระบวนการว่ามีการขยายปรับปรุงมากน้อยเพียงใด

ง. การจัดทำเอกสารประกอบ ควรมีเอกสารแสดงตำแหน่งของการ์ดต่างๆ ที่ชัดเจนว่าการ์ดใดใช้กับแท็กใด เพื่อช่วยในการเข้าสาย และการตรวจสอบและเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงควรมีการจดบันทึกแก้ไขเพิ่มเติมในเอกสารด้วย ตัวอย่างรายการฮาร์ดแวร์ตัวอย่างในภาคผนวกที่ 1

3.2 การออกแบบโครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ (Functional Specification)

เพื่อวางโครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ ทั้งหมดให้เป็นระบบเดียวกัน การออกแบบโครงสร้างด้านซอฟต์แวร์จึงมีความจำเป็น ทั้งนี้การออกแบบ ควรคำนึงถึงประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน การออกแบบโครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ แบ่งเป็นส่วนสำคัญต่างๆดังนี้

ก. บทนำและสัญญาณของระบบ (Introduction and Configuration)

เพื่อบอกถึงระบบคร่าวๆการทำงานของกระบวนการอย่างย่อๆ และการแบ่งระบบเป็นส่วนๆ อย่างง่ายเพื่อให้เข้าใจระบบโดยรวม

ข. ระบบชื่อของอุปกรณ์และตารางรายชื่ออุปกรณ์ (Tag Numbering System)

“แท็ก” (Tag Name) คือ ป้ายชื่อที่ใช้เรียกแทนอุปกรณ์หรือสัญญาณที่ใช้ในโรงงานรวมทั้งระบบควบคุมแบบดิจิทัลด้วย โดยทั่วไปการตั้งชื่อแท็กในระบบควบคุมแบบดิจิทัล ควรสอดคล้องกับชื่อสัญญาณหรืออุปกรณ์ในโรงงาน โดยการตั้งแท็ก จะมีการกำหนดแท็กหลักการในการตั้งชื่อ เพื่ออำนวยความสะดวก และง่ายต่อการอ่านทำความเข้าใจ

การทำตารางรายชื่อแท็ก (Tag List)

เพื่อบอกถึงแท้กและการใช้งาน อาจรวมถึงตำแหน่งการจัดเรียงแท้ก มีความหมายมากอาจจัดเรียงได้หลายอย่าง เพื่อสะดวกในงานแตกต่างกัน เช่น

- ตามกระบวนการ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในกระบวนการนั้นๆ ให้ง่ายในการเข้าใจและสืบค้น

- ตามแท้กตัวอักษรเพื่อ่ง่ายต่อผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับระบบกระบวนการ นั้นสามารถสืบค้น ได้ง่ายตามตำแหน่งอินพุท/เอาต์พุท ตำแหน่งที่อยู่จริง เพื่อ่ง่ายในการลากสายสัญญาณใน ช่วงแรก เพราะโดยทั่วไปผู้รับเหมาเข้าสายสัญญาณ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของการเข้าที่แน่นอน นอกจากนี้ยังสะดวกในการหาที่ว่างเพื่อการเพิ่มเติมต่อไป

- ตามชนิดของอุปกรณ์เพื่อสะดวกในการเช็คของและเช็คหน่วยสำรองได้ง่าย

- ตามระยะเวลาของการติดตั้งอุปกรณ์ก่อนหลัง จะ่ง่ายในการเดินใส่อุปกรณ์ใหม่ และ่ง่ายในการเช็คประวัติเวลา แต่ยากในการค้นหา

- แบบผสม คือ จัดข้อมูลทั้งหมดเข้าในคอมพิวเตอร์ ในโปรแกรมที่สามารถสืบค้นได้หลายๆอย่าง คงเป็นสิ่งที่ดีและทำได้ง่ายกว่าการทำให้เป็นเอกสาร

ค. การออกแบบระบบควบคุม

การออกแบบลูปควบคุม (Loop Control)

การออกแบบลูปควบคุมในระบบดีซีเอสจะมีบล็อกรูปแบบการควบคุมให้เลือกใช้ตามลักษณะของกระบวนการ โดยมีบล็อกควบคุมสำเร็จให้เลือกใช้ ดังแสดงในภาคผนวก 3. ซึ่งบล็อกลูปควบคุมต่างๆ มีประโยชน์เหมาะสมในการใช้ต่างกัน ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวในการออกแบบลูปควบคุมของระบบควบคุมดีซีเอส ในโรงงานอุตสาหกรรม แต่มีข้อที่ควรคำนึงถึงต่างๆ ดังนี้

- ชนิดของการควบคุม ลักษณะของกระบวนการ

- ชนิดของตัวควบคุม และเครื่องอัตรวมทั้งความแม่นยำของเครื่องมือวัด

- ความต้องการผลการควบคุมที่แม่นยำ เพราะยิ่งละเอียดมากเครื่องมือ และตัวควบคุมจะต้องมีคุณภาพสูง

- ความสามารถของพนักงานควบคุม

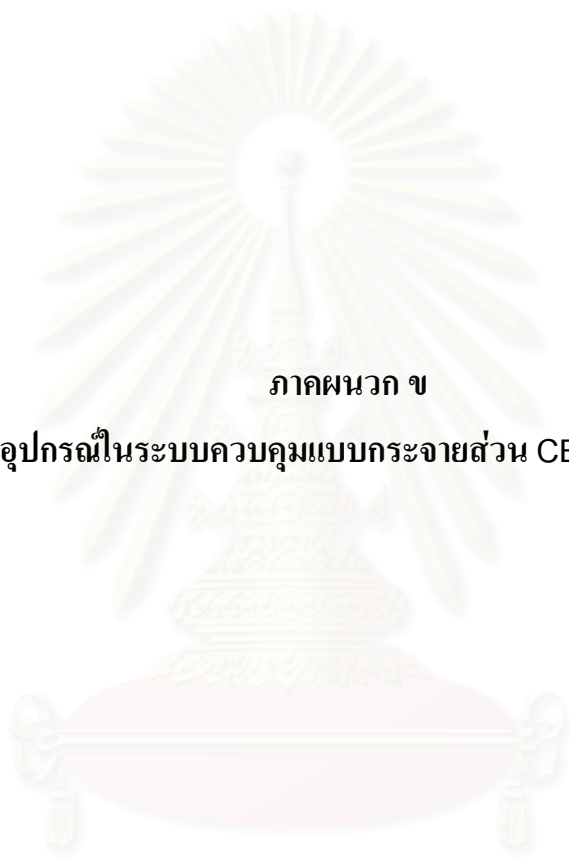
- ราคา

ง. การออกแบบระบบอินเตอร์เฟสกับมนุษย์

ระบบอินเตอร์เฟสกับมนุษย์ (Man Machine Interface) เป็นระบบการช่วยที่ช่วยติดต่อระหว่างพนักงานที่ควบคุมกับหน่วยควบคุมให้มีความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้นและปลอดภัยในการควบคุมยิ่งขึ้นในระบบของ CENTUM CS3000 จะมีระบบช่วยในการอินเตอร์เฟสกับมนุษย์ เช่น หน้ากราฟิกสำหรับปฏิบัติการ ระบบสัญญาณเตือน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

ฟังก์ชันอุปกรณ์ในระบบควบคุมแบบกระจายส่วน CENTUM CS3000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ฟังก์ชันอุปกรณ์ในระบบควบคุมแบบกระจายส่วน CENTUM CS3000

ฟังก์ชันบล็อกพื้นฐานที่มีอยู่ในลิบรารีของระบบ CENTUM CS3000 สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการ สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1. แสดงการแบ่งกลุ่มของฟังก์ชันบล็อกในระบบ CENTUM CS3000

Block code	Function block model
Regulatory Control/ Calculation	PVI, PVI-DV PID, PI-HLD, PID-BSW, ONOFF, ONOFF-G, PID-TP, PD-MR, PI-BLEND, PID-STC MLD, MLD-PVI, MLD-SW, MC-2, MC-3 RATIO, PG-L13, BSETU-2, BSETU-3 VELLIM SS-H, SS-M, SS-L, AS-H, AS-M, AS-L, SS-DUAL FOUT, FFSUM, XCPL, SPLIT PTC ADD, MUL, DIV, AVE SQRT, EXP, LAG, INTEG, LD, RAMP, LDLAG, DLAY, DLAY-C AVE-M, AVE-C, FUNC-VAR, TPCFL, ASTM1, ASTM2 SW-33, SW-91, DSW-16, DSW-16C, DSET, DSET-PVI SLCD, SLPC, SLMC, SMST-111, SMST-121, SMRT, SBSO, SLBC, SLCC, STLD FF-AI, FF-DI, FF-CS, FF-PID, FF-RA, FF-AO, FF-DO, FF-OS, FF-SC, FF-IT (*1) FF-IS, FF-MDI, FF-MDO, FF-MAI, FF-MAO (*1)
Sequence	ST16, ST16E, LC64
Switch Instrument	SI-1, SI-2, SO-1, SO-2, SIO-11, SIO-12, SIO-21, SIO-22, SIO-12P, SIO-22P
Sequence Auxiliary-1	TM, CTS, CTP, CI, CO
General-Purpose Calculation	CALCU, CALCU-C
Faceplate	INDST2, INDST2S, INDST3, PBS5C, PBS10C, BSI, HAS3C
Logic Operation	AND, OR, NOT, SRS1-S, SRS1-R, SRS2-S, SRS2-R WOUT, OND, OFFD, TON, TOFF, GT, GE, EQ, BAND, BOR, BNOT
Sequence Auxiliary-2	ALM-R, RL, RS, VLVM
Batch Data	BDSET-1L, BDSET-1C, BDSET-2L, BDSET-2C, BDA-L, BDA-C
SFC Block	_SFC SW, _SFC PB, _SFC AS
Operation	OPSBL, OPSFC OPSFOP1, OPSFOP2, OPSFOP3, OPSFOP4, OPSFOP5
Unit Instrument	_UTSW, _UTPB, _UTAS _UTSW-N, _UTPB-N, _UTAS-N
Off-Site Block	FSBSET, BLEND

ตารางที่ 2..แสดงฟังก์ชันบล็อก Regulatory Control Blocks ในระบบ CENTUM CS3000

Block type	Code	Name
Input Indicator Block	PVI	Input Indicator Block
	PVI-DV	Input Indicator Block with Deviation Alarm
Controller Block	PID	PID Controller Block
	PI-HLD	Sampling PI Controller Block
	PID-BSW	PID Controller Block with Batch Switch
	ONOFF	2-Position ON/OFF Controller Block
	ONOFF-G	3-Position ON/OFF Controller Block
	PID-TP	Time-Proportioning ON/OFF Controller Block
	PD-MR	PD Controller Block with Manual Reset
	PI-BLEND	Blending PI Controller Block
	PID-STC	Self-Tuning PID Controller Block
Manual Loader Block	MLD	Manual Loader Block
	MLD-PVI	Manual Loader Block with Input Indicator
	MLD-SW	Manual Loader Block with Auto/Man SW
	MC-2	2-Position Motor Control Block
	MC-3	3-Position Motor Control Block
Signal Setter Block	RATIO	Ratio Set Block
	PG-L13	13-Zone Program Set Block
	BSETU-2	Flow-Totalizing Batch Set Block
	BSETU-3	Weight-Totalizing Batch Set Block
Signal Limiter Block	VELLIM	Velocity Limiter Block
Signal Selector Block	SS-H/M/L	Signal Selector Block
	AS-H/M/L	Auto-Selector Block
	SS-DUAL	Dual-Redundant Signal Selector Block
Signal Distributor Block	FOUT	Cascade Signal Distributor Block
	FFSUM	Feed-Forward Signal Summing Block
	XCPL	Non-Interference Control Output Block
	SPLIT	Control Signal Splitter Block
Alarm Block	ALM-R	Representative Alarm Block
Pulse Count Input Block	PTC	Pulse Count Input Block

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3. แสดงฟังก์ชันบล็อก Regulatory Control Blocks ในระบบ CENTUM CS3000

Block type	Code	Name
YS Instrument Block	SLCD	YS Instrument Indicating Controller Block
	SLPC	YS Instrument Programmable Indicating Controller Block
	SLMC	YS Instrument Programmable Indicating Controller Block with PW Output
	SMST-111	YS Instrument Auto/Manual Station Block with Pushbutton Setpoint Setting
	SMST-121	YS Instrument Auto/Manual Station Block with Manipulated Output Lever
	SMRT	YS Instrument Ratio Set Station Block
	SBSD	YS Instrument Batch Set Station Block
	SLCC	YS Instrument Blending Controller Block
	SLBC	YS Instrument Batch Controller Block
	STLD	YS Instrument Totalizer Block
Foundation Fieldbus Faceplate Block (*1)	FF-AI	Foundation Fieldbus AI Block
	FF-DI	Foundation Fieldbus DI Block
	FF-CS	Foundation Fieldbus Control Selector Block
	FF-PID	Foundation Fieldbus PID Controller Block
	FF-RA	Foundation Fieldbus Ratio Set Station Block
	FF-AO	Foundation Fieldbus AO Block
	FF-DO	Foundation Fieldbus DO Block
	FF-OS	Foundation Fieldbus Split Block
	FF-SC	Foundation Fieldbus Signal Conversion Block
	FF-IT	Foundation Fieldbus Integration Block
	FF-IS	Foundation Fieldbus Input Selector Block
	FF-MDI	Foundation Fieldbus Multi DI Block
	FF-MDO	Foundation Fieldbus Multi DO Block
	FF-MAI	Foundation Fieldbus Multi AI Block
FF-MAO	Foundation Fieldbus Multi AO Block	

ตารางที่ 4. แสดงฟังก์ชันบล็อก Calculation Blocks ในระบบ CENTUM CS3000

Block type	Code	Name
General-Purpose Calculation Block	CALCU	General-Purpose Calculation Block
	CALCU-C	General-Purpose Calculation Block with String I/O
Calculation Auxiliary Block	SW-33	3-Pole 3-Position Selector Switch Block
	SW-91	1-Pole 9-Position Selector Switch Block
	DSW-16	Selector Switch Block for 16 Data
	DSW-16C	Selector Switch Block for 16 String Data
	DSET	Data Set Block
	DSET-PVI	Data Set Block with Input Indicator
	BDSET-1L	1-Batch Data Set Block
	BDSET-1C	1-Batch String Data Set Block
	BDSET-2L	2-Batch Data Set Block
	BDSET-2C	2-Batch String Data Set Block
	BDA-L	Batch Data Acquisition Block
	BDA-C	Batch String Data Acquisition Block
	ADL	Station Interconnection Block

ตารางที่ 5. แสดงฟังก์ชันบล็อก Sequence Control Blocks ในระบบ CENTUM CS3000

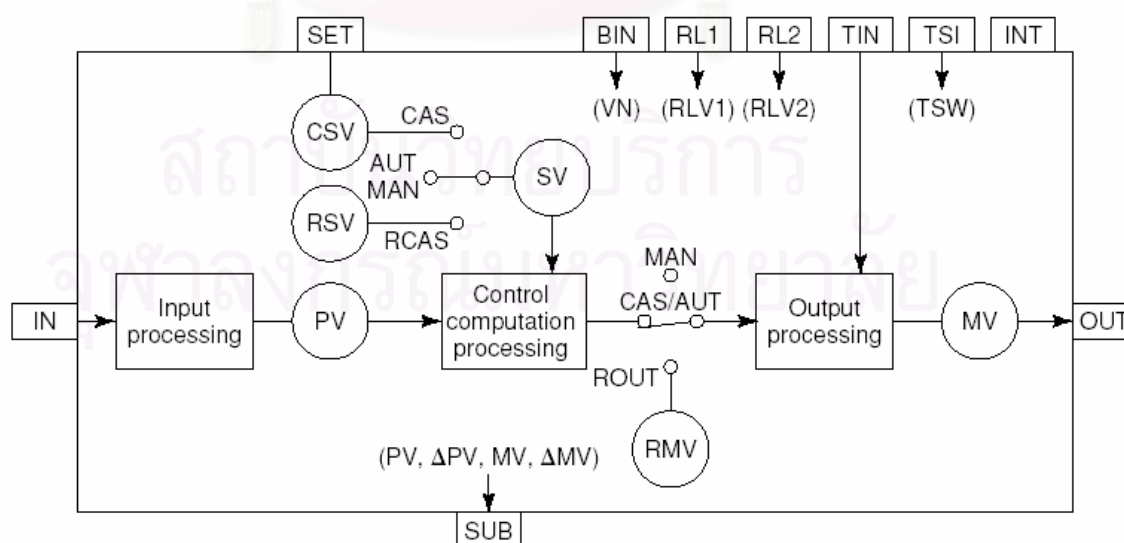
Block type	Code	Name
Sequence Table Block	ST16	Sequence Table Block
	ST16E	Rule Extension Block
Logic Chart Block	LC64	Logic Chart Block
SFC Block	_SFC SW	3-Position Switch SFC Block
	_SFC PB	Pushbutton SFC Block
	_SFC AS	Analog SFC Block
Switch Instrument Block	SI-1	Switch Instrument Block with 1 Input
	SI-2	Switch Instrument Block with 2 Inputs
	SO-1	Switch Instrument Block with 1 Output
	SO-2	Switch Instrument Block with 2 Outputs
	SIO-11	Switch Instrument Block with 1 Input and 1 Output
	SIO-12	Switch Instrument Block with 1 Input and 2 Outputs
	SIO-21	Switch Instrument Block with 2 Inputs and 1 Output
	SIO-22	Switch Instrument Block with 2 Inputs and 2 Outputs
	SIO-12P	Switch Instrument Block with 1 Input, 2 One-Shot Outputs
	SIO-22P	Switch Instrument Block with 2 Inputs, 2 One-Shot Outputs
Sequence Auxiliary Block	TM	Timer Block
	CTS	Software Counter Block
	CTP	Pulse Train Input Counter Block
	CI	Code Input Block
	CO	Code Output Block
	RL	Relational Expression Block
	RS	Resource Scheduler Block
Valve Monitoring Block	VLVM	Valve Monitoring Block

ตารางที่ 6. แสดงฟังก์ชันบล็อก Unit Instrument and Operation Blocks ในระบบ
CENTUMCS3000

Block type	Code	Name
Unit Instrument	_UTSW	3-Position Switch-Type Unit Instrument
	_UTPB	5-Pushbutton-Type Unit Instrument
	_UTAS	Analog Unit Instrument
Non-Resident Unit Instrument	_UTSW-N	Non-Resident Unit Instrument with Three-Position Switch
	_UTPB-N	Non-Resident Unit Instrument with Five-Pushbutton Switch
	_UTAS-N	Analog Non-Resident Unit Instrument
Operation	OPSBL	SEBOL-Type Operation
	OPSFC	SFC-Type Operation
	OPSF1	SFC-Type Operation with Numeric Parameters
	OPSF2	SFC-Type Operation with String Parameters
	OPSF3	SFC-Type Operation with Numeric /String Parameters
	OPSF4	SFC-Type Operation with Integer/String Parameters
	OPSF5	SFC-Type Operation with Numeric/Integer Parameters

1. ฟังก์ชันอุปกรณ์ควบคุมแบบป้อนกลับ

จากรูปที่ 7. แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์ควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งเทอร์มินัลที่อยู่นอกบล็อกใหญ่เป็นฟังก์ชันเชื่อมโยงระหว่างลูฟ จะทำหน้าที่ส่งผ่านหรือรับสัญญาณจากตัววัดในโรงงานหรืออุปกรณ์ CENTUM CS3000 ตัวอื่น แต่ละบล็อกจะแทนอุปกรณ์ 1 ตัว ข้อมูลชนิดต่างๆ ได้แก่ PV, SV, MV และแสดงโหมดการทำงานของอุปกรณ์ (สถานะของลูฟ) ได้แก่ MAN, AUT และ CAS



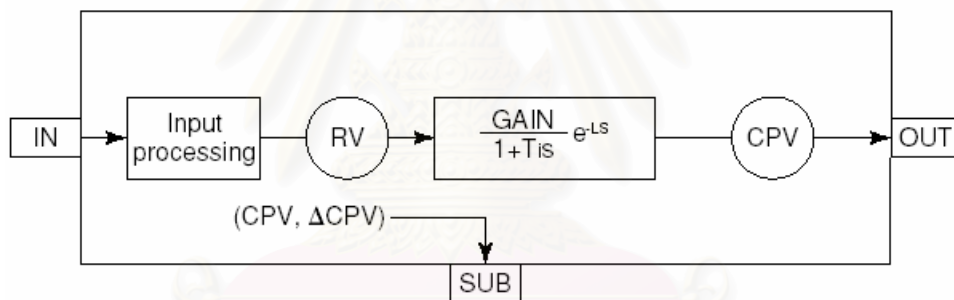
รูปที่ 1. โครงสร้างของบล็อกตัวควบคุม

ข้อกำหนดมาตรฐาน มีดังนี้

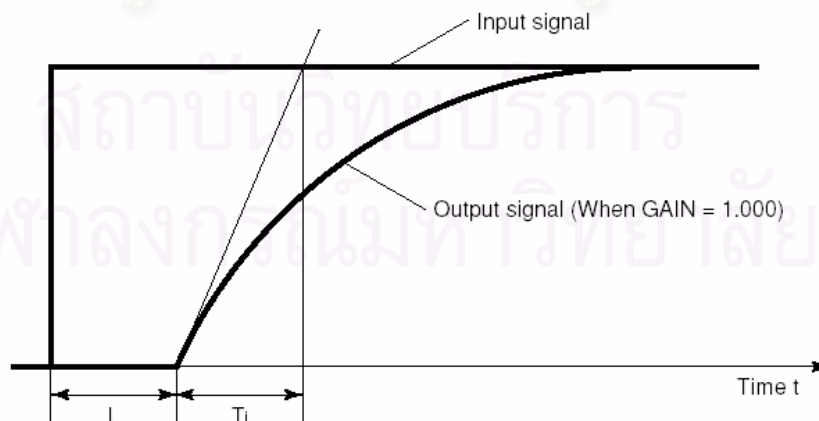
- สัญญาณอินพุต (ทางเทอร์มินัล IN) เป็นสัญญาณ 1-5 VDC หรือ Pulse train input จากอินพุตการ์ด โดยส่งมาจากกระบวนการและรับสัญญาณจากอุปกรณ์ ฟังก์ชันบล็อกของ CENTUM CS3000 ตัวอื่น
- ฟังก์ชันแปลงสัญญาณอินพุต จะขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์ CENTUM CS3000
- ฟังก์ชันตรวจสอบสัญญาณเตือน จะขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์ CENTUM CS3000
- Correction (compensation) calculation functions ขึ้นกับชนิดอุปกรณ์ CENTUM - CS3000
- สัญญาณเอาต์พุต (ทางเทอร์มินัล OUT) เป็นสัญญาณ 4-20 mA หรือ 1-5 VDC ขึ้นอยู่กับชนิดของเอาต์พุตการ์ดที่เลือก

1.1 ฟังก์ชันหน่วยเดดไทม์ (Dead time unit หรือ DLAY)

เป็นหน่วยที่ใช้เลียนแบบกระบวนการที่แสดงคุณลักษณะเป็นแล็กไทม์อันดับหนึ่ง และมีเดดไทม์ โครงสร้างของฟังก์ชันนี้แสดงในรูปที่ 8.



รูปที่ 2. โครงสร้างของบล็อกแล็กอันดับหนึ่งมีเดดไทม์



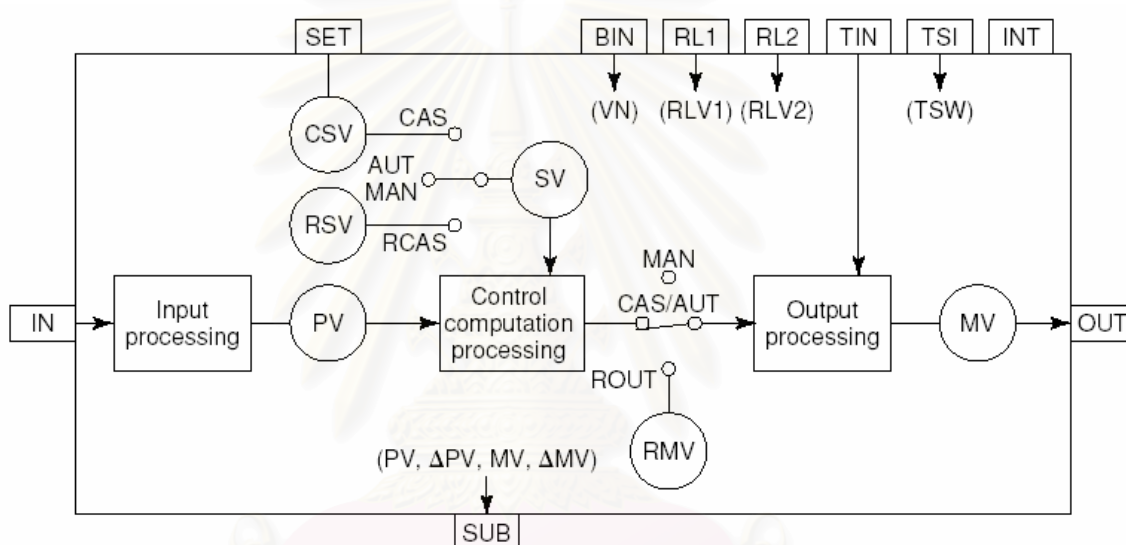
L Dead time
 Ti First-order lag time (Ti = I - Scan period)

รูปที่ 3. สัญญาณตอบสนองของบล็อกแล็กอันดับหนึ่งมีเดดไทม์

1.2 ฟังก์ชันตัวควบคุมพีไอดี (PID controller)

จะรับสัญญาณผลต่างระหว่างค่าเซ็ทพอยท์ (SV) กับค่าตัวแปรควบคุม (PV) แล้วคำนวณตามอัลกอริทึมที่ได้กำหนดได้ค่าสัญญาณตัวแปรปรับ (MV) ซึ่งสัญญาณ MV จะสามารถส่งดำเนินการได้ 3 ลักษณะ คือ

- ก. ส่ง MV ไปยังองค์ควบคุมสุดท้ายผ่านทางคาร์ดอินพุท/เอาต์พุท
- ข. ส่ง MV ไปยังองค์ควบคุมสุดท้ายโดยส่งผ่านหน่วยควบคุมเฉพาะจุด (LCU หรือ Local-Control Unit) และหน่วยแสดงลูป (UDLU)
- ค. เชื่อมโยงกับฟังก์ชันอุปกรณ์อื่น เช่น หน่วยเล็กอันดับหนึ่งมีเดคไทม์



รูปที่4. โครงสร้างของบล็อกตัวควบคุมพีไอดี (PID Controller)

อัลกอริทึมควบคุม (Control algorithm) โดยทั่วไป สมการจะเป็นอัลกอริทึมความเร็ว (Velocity algorithm) เพื่อไม่ให้มีรีเซ็ตทาวด์อัฟ (Reset windup) และไม่เกิดบัมพ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสถานะควบคุม สมการอัลกอริทึมตามทฤษฎีแสดงดังนี้

$$MV(t) = \frac{100}{PB} \left\{ E(t) + \frac{1}{\tau_I} \int E(t)dt + \tau_D \frac{dE(t)}{dt} \right\} \quad (1)$$

สำหรับฟังก์ชันตัวควบคุมจะหาสมการอัลกอริทึมโดยการแปลงและดิฟเฟอเรนทิเอทสมการ (1) โดยที่สัญญาณศักย์หรือกระแสไฟฟ้าที่ส่งมาจากทรานสมิเตอร์จะถูกแปลงไปเป็น

สัญญาณดิจิทัลด้วยการคอินพุท อัลกอริทึมของตัวควบคุมในระบบ CENTUM CS3000 แสดงดัง
สมการต่อไปนี้

$$\text{อัลกอริทึม } E_n : \Delta MV_n = \frac{100}{PB} \left\{ \Delta E_n + \frac{\Delta T}{\tau_I} E_n + \frac{\tau_D}{\Delta T} \Delta(\Delta PV_n) \right\} \quad (2)$$

$$\text{อัลกอริทึม } M_n : \Delta MV_n = \frac{100}{PB} \left\{ \Delta PV_n + \frac{\Delta T}{\tau_I} E_n + \frac{\tau_D}{\Delta T} \Delta(\Delta PV_n) \right\} \quad (3)$$

เมื่อ ΔMV	คือ ขนาดของ MV ที่เปลี่ยนไป
$E_n = SV_n - PV_n$	คือ ผลต่างสำหรับแอกชันแบบผกผัน
$\Delta E_n = E_n - E_{n-1}$	คือ ขนาดของผลต่างที่เปลี่ยนไป
ΔT	คือ คาบเวลาควบคุม (control period)
ΔPV_n	คือ ขนาดของอินพุทที่เปลี่ยน
PB, τ_I, τ_D	คือ พารามิเตอร์แบนด์, อินทิกรัลไทม์ และเวลาอนุพันธ์

จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมแบบความเร็วจะคำนวณค่า MV ค่าใหม่เสมอ แต่อัลกอริทึมแบบ E_n และ M_n นั้นค่า ΔMV_n ที่คำนวณจากสมการจะรวมกับค่า MV ค่าเดิมเป็น MV ค่าใหม่ ความแตกต่างระหว่างอัลกอริทึมแบบ E_n และ M_n คือ

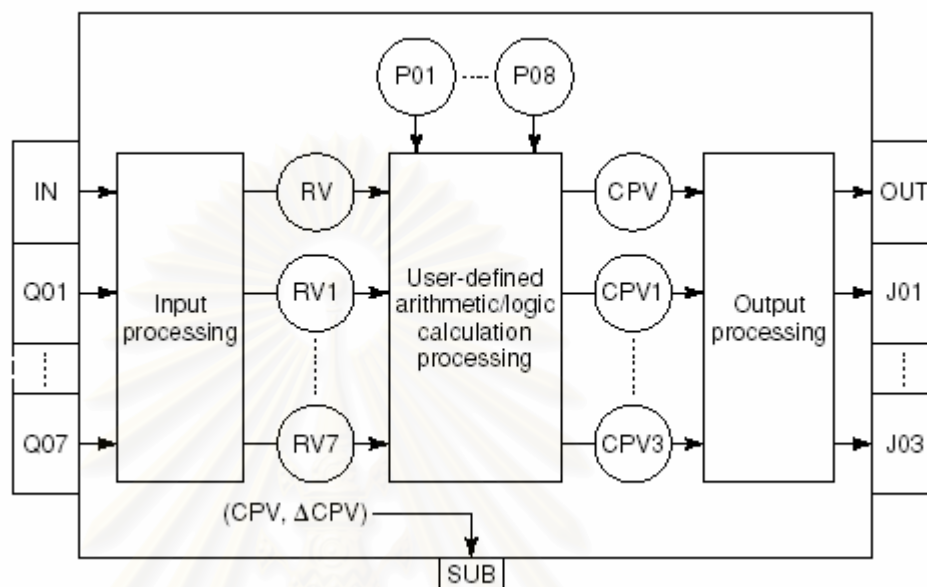
- ถ้าสถานะตัวควบคุมพีไอดีเป็น CAS หรือ CBC จะใช้อัลกอริทึมแบบ E_n
- ถ้าสถานะตัวควบคุมพีไอดีเป็น AUT หรือ CBA จะใช้อัลกอริทึมแบบ M_n ซึ่งเทอม
เกนตัวควบคุมจะไม่มีค่าเซ็ทพอยท์อยู่ ซึ่งสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่า MV กะทันหัน

พารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดในฟังก์ชันบล็อก สามารถเปลี่ยนค่าได้ โดยดำเนินการในส่วน
ติดต่อกับผู้ควบคุม ได้แก่

- ค่าแบนด์สัดส่วน (P) : มีค่า 0-1,000%
- ค่าเวลาอินทิกรัล (τ_I) : มีค่า 0.1-10,000 วินาที
- ค่าเวลาอนุพันธ์ (τ_D) : มีค่า 0-10,000 วินาที

1.3 หน่วยคำนวณ (Calculation Unit หรือ CALCU)

เป็นหน่วยฟังก์ชันของ CENTUM CS3000 ที่วิศวกรผู้สร้างระบบสามารถเขียนฟังก์ชันได้ตามต้องการ เช่น ฟังก์ชันแบบพีชคณิต เป็นต้น โครงสร้างของหน่วยควบคุมแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างของบล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์คำนวณ (CLACU Block)

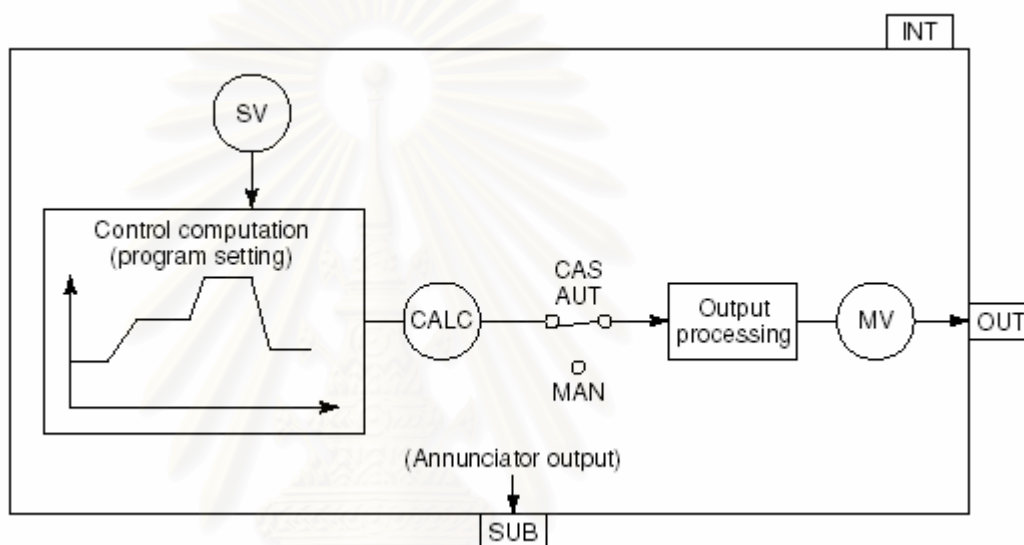
ข้อมูลที่ต้องกำหนด :

- การคำนวณ ได้แก่ พารามิเตอร์ตามกำหนด และเทอมการคำนวณ ได้แก่ พีชคณิต (+, -, ×, ÷) รากที่สอง ($\sqrt{\quad}$) ลอจิก (NOT, AND, OR และ exclusive OR) เป็นต้น
- ก. พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าเกิน (0-4.00)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 หน่วยกำหนดโปรแกรม (Program Set Unit หรือ PG-L13 หรือ PG-S13)

หน่วยนี้จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างเอาต์พุตเป็นค่าเซ็ทพอยท์หรือกำหนดค่าใดๆ แปรตามเวลา อีกทั้งสามารถทำโปรแกรมให้หน่วยนี้ส่งค่าเอาต์พุตได้ต่อเนื่องนานถึง 166 ชั่วโมง สามารถกำหนดหน่วยเวลาได้ทั้งนาทีและวินาที และเอาต์พุตจะเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถเลือกให้คงค่าสุดท้ายไว้ (Final value holding) หรือ กลับไปเริ่มต้นโปรแกรม (Quick return to program start) เมื่อช่วงเวลาโปรแกรม 13 โชนไลน์เซ็ทเมนต์โปรแกรมเซ็ทยูนิท (PG-L13)



รูปที่ 6. โครงสร้างของฟังก์ชันบล็อกกำหนดโปรแกรม (PG-L13)

ข้อกำหนด :

ก. หน่วย PG-L13 กำหนดจำนวนไลน์เซ็ทเมนต์ 1 ถึง 13 และค่าเอาต์พุตในแกน Y

ข. กำหนดช่วงเวลาของแกน X และค่าเอาต์พุต

- เวลา (แกน X) : 0 ถึง 9,999 นาที หรือ 0 ถึง 9,999 วินาที (X01 – X14)
- เอาต์พุต (แกน Y) : 0 ถึง 100% (Y01 – Y14)

ค. โหมด หรือสถานะของลูป กำหนดได้ต่างๆดังนี้

- โหมดแมนวล (MAN) กำหนดค่าเอาต์พุตแบบแมนวลเวลาจะหยุดเดิน
- โหมดควบคุมอัตโนมัติ (AUT) เอาต์พุตจะถูกส่งออกไปจนกระทั่งช่วงเวลาหมด ก็ จะกลับมาสู่โหมด MAN
- โหมดแคสแคด (CAS) เมื่อเวลาของโปรแกรมหมด โปรแกรมจะกลับไปเริ่ม

ใหม่และส่งค่าเอาต์พุตซ้ำ

- โหมดเอาต์พุทโอเพน (OOP) การ์ดเอาต์พุทจะแสดง “ output open “
- ง. รูปแบบของการดำเนินการเมื่อสิ้นสุดโปรแกรม (ในโหมดอัตโนมัติ)
 - แบบคงค่าสุดท้ายโปรแกรมจะกลับมาที่โหมดแมนวลและค่าเอาต์พุทสุดท้ายจะคงอยู่และถูกส่งออกไปจากหน่วย
 - แบบกลับเริ่มต้นใหม่ โดยย้อนกลับไปเริ่มต้นโปรแกรมใหม่ และกลับไปโหมดแมนวล

ฉ. เอาต์พุทจะมีฟังก์ชันจำกัดความเร็วเอาต์พุทและตรวจสอบอะลาร์มสัญญาณเอาต์พุท :
 ส่งไปอุปกรณ์ภายนอก : 1-5 V กระแสตรงส่งไปอุปกรณ์ภายใน : 0-100% สัญญาณจบโปรแกรม :
 จุดเอาต์พุทจะส่งออกโดย Annunciator switch

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว อัจฉรา คงแดง เกิดเมื่อวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2513 ที่จังหวัด พิษณุโลก สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร (วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี (ภาคนอกเวลา ราชการ) ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย