หนังสือที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2557

วรณี มังคละศิริ.
พลศาสตร์ของกระบวนการและการควบคุม.
1. การควบคุมกระบวนการทางเคมี. 2. กระบวนการทางเคมี.

TP155.75
ISBN 978-616-602-154-7

ลิขสิทธิ์ของ**รองศาสตราจารย์ ดร.วรณี มังคละศิริ**
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3 เดือนมกราคม 2568
จำนวน 50 เล่ม

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย**สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต**
99 หมู่ 18 อาคารโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชั้น 2 ห้อง 205
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121
โทร. 085-112-6081, 085-112-6968
http://thammasatpress.tu.ac.th, e-mail: unipress@tu.ac.th

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนกรกฎาคม 2558 จำนวน 200 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนมกราคม 2561 จำนวน 200 เล่ม (ฉบับพิมพ์เพิ่ม)
พิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนสิงหาคม 2565 จำนวน 100 เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 3 เดือนมกราคม 2568 จำนวน 50 เล่ม

ราคาเล่มละ 300.- บาท

ประเภท	หนังสือ
วิธีการใช้งาน	ใช้เพื่อการอ่าน
คำแนะนำในการใช้หรือการเก็บรักษา	ควรเก็บในที่พ้นแสงแดด ควรเก็บในที่แห้ง
คำเตือน/ข้อห้ามใช้/ข้อควรระวัง	ห้ามวางไว้ใกล้ไฟ/ห้ามเปียกน้ำ
วันเดือนปีที่หมดอายุ	พ.ศ. 2574

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 4 13/12/2567 BE 15:53

สารบัญ

สารบัญรูป ..... (8)
สารบัญตาราง ..... (13)
คำนำ ..... (15)

บทที่ 1 แนะนำการควบคุมกระบวนการ **1**
1.1 หน้าที่ของระบบควบคุม 2
1.2 ขั้นตอนการออกแบบการควบคุมกระบวนการ 3
1.3 ประเภทของตัวแปรในกระบวนการทางเคมี 3
1.4 องค์ประกอบของระบบควบคุม 5
1.5 โครงสร้างของระบบควบคุม 6
1.6 ผังสัญญาณระบบควบคุมกระบวนการ 10
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1 11

บทที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการเคมี **13**
2.1 ความสำคัญของแบบจำลองเชิงพลวัตของกระบวนการ 14
2.2 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการสร้างแบบจำลองกระบวนการ 15
2.3 กฎการอนุรักษ์ 16
2.4 ดีกรีความเป็นอิสระ 28
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2 31

บทที่ 3 การแปลงลาปลาส **33**
3.1 การแปลงลาปลาสของฟังก์ชัน 34
3.2 การหาคำตอบของสมการอนุพันธ์โดยใช้เทคนิคการแปลงลาปลาส 38
3.3 การแยกเศษส่วนย่อย 41
3.4 คุณสมบัติของลาปลาสที่สำคัญ 45
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3 48

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 5 10/8/2565 BE 10:23

บทที่ 4 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันและสเตทสเปซ.....50
4.1 การสร้างสมการทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน.....50
4.2 คุณสมบัติของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน.....53
4.3 การแปลงสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นให้เป็นสมการเชิงเส้น.....58
4.4 สเตทสเปซ.....61
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 4.....65

บทที่ 5 พฤติกรรมพลวัตของกระบวนการอันดับหนึ่งและอันดับสอง.....67
5.1 รูปแบบพื้นฐานของตัวแปรขาเข้า.....68
5.2 พฤติกรรมการตอบสนองของกระบวนการอันดับหนึ่ง.....72
5.3 พฤติกรรมการตอบสนองของกระบวนการอินทิเกรต.....73
5.4 พฤติกรรมการตอบสนองของกระบวนการอันดับสอง.....75
5.5 การศึกษาพฤติกรรมพลวัตของกระบวนการด้วยโปรแกรม MATLAB.....81
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 5.....84

บทที่ 6 เครื่องมือวัดในระบบควบคุมกระบวนการ.....85
6.1 อุปกรณ์แปลงสัญญาณและอุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ.....86
6.2 อุปกรณ์วัดค่าตัวแปรกระบวนการ.....87
6.3 อุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย.....97
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 6.....102

บทที่ 7 การควบคุมแบบป้อนกลับ..... 104
7.1 การควบคุมแบบป้อนกลับ.....105
7.2 เครื่องควบคุมชนิดพื้นฐาน.....106
7.3 เครื่องควบคุมชนิดเปิด-ปิด.....114
7.4 การตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ.....114
7.5 หลักการพิจารณาเลือกตัวแปรควบคุม ตัวแปรปรับได้ และตัวแปรวัดค่าได้ของกระบวนการ.....116
7.6 แนวทางการพิจารณาเลือกระบบควบคุมกระบวนการ.....117
7.7 การศึกษาอิทธิพลของการควบคุมแบบป้อนกลับด้วยโปรแกรม MATLAB.....120
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 7.....124

บทที่ 8 การปรับแต่งเครื่องควบคุมชนิดพีไอดี 125
8.1 การปรับแต่งเครื่องควบคุมโดยใช้กราฟแสดงผลที่เกิดขึ้นกับกระบวนการ.....126
8.2 การปรับแต่งเครื่องควบคุมโดยใช้วิธีการของ Ziegler-Nichols.....128
8.3 การปรับแต่งเครื่องควบคุมโดยใช้เกณฑ์ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด.....129
8.4 การศึกษาอิทธิพลของค่าปรับแต่งเครื่องควบคุมด้วยโปรแกรม MATLAB.....134
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 8 137

บทที่ 9 พฤติกรรมเชิงพลวัตของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ 138
9.1 บล็อกไดอะแกรมขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบควบคุม 139
9.2 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ.....144
9.3 ผลการตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ.....151
9.4 การศึกษาการตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ
ด้วยโปรแกรม MATLAB 160
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9 162

บทที่ 10 เสถียรภาพของกระบวนการ 164
10.1 เสถียรภาพของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ.....165
10.2 ทางเดินของราก 176
10.3 การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงความถี่.....184
แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 10 201

เอกสารอ้างอิง 202
ดัชนี 203

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 กระบวนการควบคุมระดับของเหลวในถังกวนต่อเนื่อง 5
รูปที่ 1.2 ตัวอย่างโครงสร้างการควบคุมแบบป้อนกลับของกระบวนการที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ 7
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างโครงสร้างการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้าของกระบวนการที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ 8
รูปที่ 1.4 ตัวอย่างโครงสร้างการควบคุมแบบป้อนกลับ-ป้อนไปข้างหน้าของกระบวนการที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ 9
รูปที่ 1.5 ตัวอย่างโครงสร้างการควบคุมแบบลำดับขั้นของกระบวนการที่ต้องการควบคุมความเข้มข้น 10
รูปที่ 1.6 ผังสัญญาณทั่วไปของระบบควบคุมชนิดป้อนกลับ 10
รูปที่ 1.7 ระบบถังพักน้ำ 11
รูปที่ 1.8 ระบบถังกวนต่อเนื่อง 12
รูปที่ 1.9 กระบวนการที่มีการควบคุม 12
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างขอบเขตกระบวนการที่ถูกพิจารณา 16
รูปที่ 2.2 ถังผสมชนิดถังกวนต่อเนื่อง 18
รูปที่ 2.3 ระบบถังกวนต่อเนื่อง 20
รูปที่ 2.4 ระบบถังกวนต่อเนื่องที่มีการเกิดปฏิกิริยา $A + 2B \rightarrow P$ 21
รูปที่ 2.5 ระบบถังกวนต่อเนื่องที่มีการให้ความร้อนภายในระบบ 23
รูปที่ 2.6 เครื่องปฏิกรณ์แบบไหลในท่อ 26
รูปที่ 2.7 เครื่องปฏิกรณ์ชนิดถังกวนต่อเนื่องที่มีการเกิดปฏิกิริยาเคมี 31
รูปที่ 2.8 ระบบถังพักน้ำ 32
รูปที่ 3.1 ฟังก์ชันพลัสแบบสี่เหลี่ยม ตามสมการ (3.7) 35
รูปที่ 3.2 (ก) ความสัมพันธ์ของฟังก์ชัน $f(t)$ กับเวลา และ (ข) ความสัมพันธ์ของฟังก์ชัน $f_d(t)$ ที่มีเวลาหน่วงกับเวลา 48
รูปที่ 4.1 การรวมกันของ 2 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน 53
รูปที่ 4.2 การต่อกันเป็นลำดับของ 2 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน 54
รูปที่ 4.3 ระบบถังเก็บน้ำ 2 ถังวางต่อกันเป็นลำดับ 55

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 8 10/8/2565 BE 10:23

รูปที่ 4.4 ระบบถังเก็บน้ำ 2 ถังวางต่อกันเป็นลำดับ 62
รูปที่ 4.5 ระบบถังน้ำที่ดำเนินงานภายใต้สภาวะคงตัว 65
รูปที่ 4.6 ระบบถังน้ำ 2 ถังวางต่อกันเป็นลำดับ 66
รูปที่ 4.7 ระบบถังกวนต่อเนื่องที่มีปฏิกิริยา $A+B \rightarrow P$ 66
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างรูปแบบของตัวแปรขาเข้าชนิดขั้นบันได (Step input) 68
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างรูปแบบของตัวแปรขาเข้าชนิดลาดชัน (Ramp input) 69
รูปที่ 5.3 ตัวอย่างรูปแบบของตัวแปรขาเข้าชนิดพลัสแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular pulse input) 70
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างรูปแบบของตัวแปรขาเข้าชนิดฟังก์ชันไซน์ (Sinusoidal input) 71
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างรูปแบบของตัวแปรขาเข้าชนิดอิมพลัส (Impulse input) 71
รูปที่ 5.6 พฤติกรรมของกระบวนการอันดับหนึ่ง กรณีที่มีตัวแปรขาเข้าชนิดขั้นบันไดเข้ามายังกระบวนการ 73
รูปที่ 5.7 กระบวนการอันดับสองที่เกิดจากกระบวนการอันดับหนึ่ง 2 กระบวนการวางต่อกันเป็นลำดับ 75
รูปที่ 5.8 พฤติกรรมการตอบสนองแบบหน่วงเกินและแบบหน่วงวิกฤติของกระบวนการอันดับสองในกรณีที่มีตัวแปรขาเข้าชนิดขั้นบันไดเข้ามายังกระบวนการ 78
รูปที่ 5.9 พฤติกรรมการตอบสนองแบบหน่วงน้อยของกระบวนการอันดับสองในกรณีที่มีตัวแปรขาเข้าชนิดขั้นบันไดเข้ามายังกระบวนการ 79
รูปที่ 5.10 พฤติกรรมการตอบสนองแบบหน่วงน้อยของกระบวนการอันดับสอง 80
รูปที่ 5.11 (ก) โปรแกรม MATLAB (ข) โปรแกรม Simulink 82
รูปที่ 5.12 ตัวอย่างการจำลองกระบวนการอันดับหนึ่งด้วยโปแกรม Simulink 83
รูปที่ 5.13 ตัวอย่างพฤติกรรมการตอบสนองของกระบวนการอันดับหนึ่ง 83
รูปที่ 6.1 ผังแสดงอุปกรณ์การแปลงสัญญาณทั่วไป 86
รูปที่ 6.2 มาโนมิเตอร์ 88
รูปที่ 6.3 เกจตรวจวัดความดันที่ใช้ท่อบูร์ดองรูปตัว C 89
รูปที่ 6.4 เกจตรวจวัดความดันที่ใช้แผ่นไดอะแฟรม 89
รูปที่ 6.5 เทอร์โมคัปเปิล 90
รูปที่ 6.6 โครงสร้างแผ่นออริฟิสรูปแบบต่างๆ 92
รูปที่ 6.7 การวัดอัตราการไหลโดยใช้แผ่นออริฟิสและมาโนมิเตอร์ 92
รูปที่ 6.8 โครงสร้างของท่อเวนจูรี 93
รูปที่ 6.9 โครงสร้างของมิเตอร์ตรวจวัดการไหลแบบกังหัน 94
รูปที่ 6.10 หลักการพื้นฐานสำหรับตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง 95

รูปที่ 6.11 อุปกรณ์วัดระดับของเหลวแบบลูกลอย 96
รูปที่ 6.12 วาล์วควบคุม 98
รูปที่ 7.1 ถังผสมชนิดถังกวนต่อเนื่อง 106
รูปที่ 7.2 พฤติกรรมของเครื่องควบคุมชนิดพี ในกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดทางกายภาพ
ของอุปกรณ์เครื่องควบคุม.....108
รูปที่ 7.3 พฤติกรรมของเครื่องควบคุมชนิดพี ในกรณีที่มีข้อจำกัดทางกายภาพ
ของอุปกรณ์เครื่องควบคุม.....108
รูปที่ 7.4 พฤติกรรมของเครื่องควบคุมชนิดพีไอ 112
รูปที่ 7.5 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมชนิดพีไอดี 114
รูปที่ 7.6 ผลการตอบสนองของกระบวนการที่ใช้เครื่องควบคุมชนิดพีที่ค่า K_c ต่างๆ 115
รูปที่ 7.7 ผลการตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุมป้อนกลับ
โดยใช้เครื่องควบคุมชนิดต่างๆ 116
รูปที่ 7.8 ถังผสม 119
รูปที่ 7.9 บล็อกไดแกรมของกระบวนการอันดับหนึ่ง 121
รูปที่ 7.10 พฤติกรรมของกระบวนการอันดับหนึ่ง 122
รูปที่ 7.11 พฤติกรรมของกระบวนการอันดับหนึ่ง กรณีที่มีการควบคุมด้วยเครื่องควบคุม
ชนิดพีไอ และเครื่องควบคุมชนิดพีไอดี.....123
รูปที่ 8.1 ผลการตอบสนองของกระบวนการอันดับหนึ่งที่มีเวลาหน่วง 127
รูปที่ 8.2 การตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุม ซึ่งกำหนดให้ค่าเป้าหมายคือ $y_{sp}=0$ 130
รูปที่ 8.3 การจำลองกระบวนการด้วยโปรแกรม Simulink.....134
รูปที่ 8.4 การตอบสนองของกระบวนการที่ปรับแต่งค่า K_c ด้วยวิธี Open-loop testing.....135
รูปที่ 8.5 การตอบสนองของกระบวนการที่ค่าเกนสูงสุด.....135
รูปที่ 8.6 การตอบสนองของกระบวนการที่ปรับแต่งค่า K_c ด้วยวิธี Closed-loop testing....136
รูปที่ 8.7 การตอบสนองของกระบวนการที่ปรับแต่งค่า K_c เอง.....136
รูปที่ 9.1 การควบคุมความเข้มข้นในถังผสม.....140
รูปที่ 9.2 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการถังผสมในสมการที่ 9.1.....140
รูปที่ 9.3 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์วัดและส่งสัญญาณ 141
รูปที่ 9.4 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมชนิดพีไอ 142
รูปที่ 9.5 บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์แปลงสัญญาณ.....143
รูปที่ 9.6 บล็อกไดอะแกรมของวาล์วควบคุม 143
รูปที่ 9.7 บล็อกไดอะแกรมของถังผสมที่ต้องการควบคุมความเข้มข้นที่ใช้เครื่องควบคุม
แบบป้อนกลับชนิดพีไอ 144

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 10 10/8/2565 BE 10:23

รูปที่ 9.8 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการที่มีการควบคุมโดยเครื่องควบคุมแบบป้อนกลับ 145
รูปที่ 9.9 บล็อกไดอะแกรมค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน 3 ค่าวางเรียงลำดับกัน 146
รูปที่ 9.10 บล็อกไดอะแกรมค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันเทียบเท่า 146
รูปที่ 9.11 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการที่มีการควบคุมแบบซับซ้อน 149
รูปที่ 9.12 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการที่ซับซ้อนแต่ได้ทำการรวมบล็อกไดอะแกรม
ให้อยู่ในรูปมาตรฐาน 150
รูปที่ 9.13 กระบวนการที่มีการควบคุมระดับของเหลวภายในถัง 151
รูปที่ 9.14 บล็อกไดอะแกรมของกระบวนการควบคุมระดับของเหลว 153
รูปที่ 9.15 การจำลองกระบวนการควบคุมระดับของเหลวด้วยเครื่องควบคุมชนิดพี 162
รูปที่ 9.16 การตอบสนองของกระบวนการควบคุมระดับของเหลวด้วยเครื่องควบคุมชนิดพี 161
รูปที่ 9.17 แบบฝึกหัดข้อที่ 9.1 162
รูปที่ 9.18 แบบฝึกหัดข้อที่ 9.2 162
รูปที่ 9.19 แบบฝึกหัดข้อที่ 9.3 163
รูปที่ 10.1 อิทธิพลของค่า K_c และการตอบสนองของกระบวนการที่มีการควบคุมชนิดพี 166
รูปที่ 10.2 การพิจารณาเสถียรภาพของกระบวนการจากค่าโพลในสมการลักษณะเฉพาะ 168
รูปที่ 10.3 ค่าโพลและตัวอย่างการตอบสนองของกระบวนการ 170
รูปที่ 10.4 ตัวอย่างกระบวนการที่มีการควบคุมแบบป้อนกลับ 170
รูปที่ 10.5 ทางเดินของราก 178
รูปที่ 10.6 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับหนึ่งตามสมการ (10.28) 178
รูปที่ 10.7 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสองตามสมการ (10.29) 179
รูปที่ 10.8 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสองที่มีค่าโพลซ้ำกันตามสมการ (10.30) 180
รูปที่ 10.9 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสองที่มีค่าซีโรมากกว่าค่าโพล
ตามสมการ (10.31) 180
รูปที่ 10.10 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสองที่มีค่าซีโรอยู่ระหว่างค่าโพล
ตามสมการ (10.32) 181
รูปที่ 10.11 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสองที่มีค่าซีโรน้อยกว่าค่าโพล
ตามสมการ (10.33) 182
รูปที่ 10.12 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสาม ตามสมการ (10.34) 183
รูปที่ 10.13 ทางเดินของรากของกระบวนการอันดับสามที่มีเทอมซีโร ตามสมการ (10.35) 184
รูปที่ 10.14 ผลตอบสนองของกระบวนการอันดับหนึ่งที่มีตัวแปรขาเข้าชนิดซายน์ 186

รูปที่ 10.15 (ก) Bode plot และ (ข) Nyquist plot ของฟังก์ชันกระบวนการอันดับหนึ่ง....191
รูปที่ 10.16 (ก) Bode plot และ (ข) Nyquist plot ของฟังก์ชันกระบวนการอันดับสอง....193
รูปที่ 10.17 (ก) Bode plot และ (ข) Nyquist plot ของฟังก์ชันอนุพันธ์นำเร่ง.....194
รูปที่ 10.18 (ก) Bode plot และ (ข) Nyquist plot ของฟังก์ชันเวลาหน่วง.....195
รูปที่ 10.19 สภาวะที่มีเสถียรภาพ และไม่เสถียรภาพตามเกณฑ์ของ Nyquist.....197
รูปที่ 10.20 การนิยามค่า Gain margin และ Phase margin 198
รูปที่ 10.21 แบบฝึกหัดข้อที่ 10.2.....201
รูปที่ 10.22 แบบฝึกหัดข้อที่ 10.3.....201

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 12 10/8/2565 BE 10:23

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองเชิงพลวัตของกระบวนการ 16
ตารางที่ 3.1 การแปลงลาปลาสของฟังก์ชันต่างๆ 37
ตารางที่ 8.1 วิธีการหาค่าตัวแปรของเครื่องควบคุมชนิดพี พีไอ และพีไอดี ที่ได้มาจากการศึกษากระบวนการอันดับหนึ่งที่มีเทอมของเวลาหน่วงและไม่มีการควบคุม 127
ตารางที่ 8.2 วิธีของ Ziegler-Nichols ที่ใช้คำนวณหาค่าตัวแปรของเครื่องควบคุมชนิดพี พีไอ และพีไอดี ซึ่งได้มาจากการศึกษากระบวนการที่มีการควบคุม 128
ตารางที่ 8.3 วิธีของ Tyreus-Luyben ที่ใช้คำนวณหาค่าตัวแปรของเครื่องควบคุมชนิดพีไอ และพีไอดี ซึ่งได้มาจากการศึกษากระบวนการที่มีการควบคุม 129
ตารางที่ 8.4 วิธีการหาค่าตัวแปรของเครื่องควบคุมชนิดพีไอ และพีไอดี ที่พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด 131
ตารางที่ 8.5 วิธีของ Ziegler-Nichols ที่ใช้คำนวณหาค่าตัวแปรของเครื่องควบคุมชนิดพี พีไอและพีไอดี สำหรับกระบวนการแบบอินทิเกรต เมื่อทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการมีค่า $G_p = \frac{Ke^{t_d s}}{s}$ 132

□□□□□□□□ □□□□□□□□.indd 13 10/8/2565 BE 10:23