4

ตัวควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้สำหรับกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง

นายอำนวย แสงวิโรจนพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-076-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015295

I17.4.9.4.9.3x

A PROGRAMMABLE DIGITAL CONTROLLER FOR CONTINUOUS INDUSTRIAL PROCESSES

Mr. Amnuay Saengwirojanapat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ตัวควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้สำหรับกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง
โดย	นาย อำนวย แสงวิโรจนพันธ์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ
(คุณ สุพงศ์ ชยุตสาหกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อำนวย แส่งวิโรจนพัฒน์ , ตัวควบคุมเชิงเลขฝังตัวโปรแกรมได้สำหรับกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง (A PROGRAMMABLE DIGITAL CONTROLLER FOR CONTINUOUS INDUSTRIAL PROCESSES) อ.ที่ปรึกษา : ดร.สมบูรณ์ จงยิ่งกิจ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์, 148 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างตัวควบคุมเชิงเลขฝังตัวโปรแกรมได้สำหรับกระบวนการทางอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง ตัวควบคุมเชิงเลขที่สร้างขึ้นใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Intel 8088 ขนาด 16 บิท ทำงานที่ความเร็ว 5 เมกกะเฮิร์ท โดยมีสัญญาณขาเข้าประกอบด้วย สัญญาณอนาลอค 1-5 V_{dc} จำนวน 5 จุด และสัญญาณดิจิตอลจำนวน 3 จุด สัญญาณออกประกอบด้วย สัญญาณอนาลอค 4-20 mA_{dc} 1 จุด และสัญญาณแรงดัน 1-5 V_{dc} จำนวน 2 จุด และสัญญาณดิจิตอลจำนวน 3 จุด โปรแกรมกำหนดรูปแบบการควบคุมใช้ภาษาแอสเซมบลี้ มีฟังก์ชันในการควบคุม ได้แก่ ฟังก์ชันคณิตศาสตร์, ตรรก, ฟังก์ชันพื้นฐาน และฟังก์ชัน PID ซึ่งสามารถนำมาโปรแกรมกำหนดรูปแบบการควบคุมที่ซับซ้อนได้ เช่น Ratio, Cascade, Feedback-feedforward เป็นต้น

ตัวควบคุมที่สร้างขึ้นได้นำไปทดสอบกับโปรเซสจริงในห้องปฏิบัติการ โดยมีรูปแบบการควบคุม 2 แบบ คือ การควบคุมแบบป้อนกลับแบบง่าย ๆ และการควบคุมแบบ Cascade ผลการทดสอบปรากฏว่าตัวควบคุมเชิงเลขสามารถควบคุมโปรเซสได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เวลาในการทำงานแต่ละรอบมีค่าเท่ากับ 8 และ 24 ms. ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

AMNUAY SAENGWIROJANAPAT : A PROGRAMMABLE DIGITAL CONTROLLER FOR CONTINUOUS INDUSTRIAL PROCESSES. THESIS ADVISOR : DR.SOMBOON CHONGCHAIKIT, THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. KRISADA VISAVATEERANON 148 pp.

This thesis presents the implementation of a programmable digital controller for continuous industrial processes. The controller uses the 16-bit Intel 8088 general-purpose microprocessor runnig at 5 MHz. The developed digital controller can handle 5 analog inputs (1-5 V_{dc}) 3 digital inputs, 3 analog outputs (one 4-20 mA_{dc} and the others 1-5 V_{dc}) 3 digital outputs. Assembly language was chosen for control configuration programming. Control functions are arithmetic, logical, basic and PID. With these functions, the complex controls such as ratio, cascade, feedback-feedforward etc. can be implemented.

Simple feedback control and cascade control are tested with the process plant model in the laboratory. The results have proved to be satisfactory with run time of 8 ms/cycle and 24 ms/cycle, respectively.

ภาควิชา Electrical Engineering ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา Electrical Engineering

ปีการศึกษา 1988 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งช่วยจัดหาตำรา อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการทดลองสร้างตัวควบคุมเชิงเลข ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และจัดหาอุปกรณ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์ลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณสมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย คุณวรวุฒิ จิตขจรวานิช และนิสิตในห้องปฏิบัติการวิจัยทุกท่านซึ่งไม่สามารถจะเอ่ยนามได้หมด ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ทุนช่วยเหลือในการศึกษาของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณสุพจน์ ตุงคเศรวงศ์ แห่งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) และคุณศิริชัย วสุนิรชร แห่งบริษัท สยามราชธานี ที่ได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ของเครื่องควบคุมเชิงเลข

ท้ายนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาซึ่งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเบื้องต้น 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. การควบคุมในงานอุตสาหกรรม

2.1 องค์ประกอบและนิยามที่สำคัญของการควบคุม 4

2.2 รูปแบบการควบคุมในอุตสาหกรรม 7

2.2.1 การควบคุมแบบง่ายๆ (Simple Control) 7

2.2.2 Cascade Control 8

2.2.3 Feedforward-Feedback Control 9

2.2.4 Ratio Control 9

2.2.5 Selective Control 10

2.2.6 Split-Range Control 11

3. การออกแบบเครื่องควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้

3.1 ความสามารถของเครื่องควบคุมเชิงเลข 13

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 13

3.2.1 ฮาร์ดแวร์ที่จำเป็นในการสร้างเครื่องควบคุมเชิงเลข 14

3.2.1.1 ส่วนประมวลผลกลาง (CPU) 14

3.2.1.2 ส่วนหน่วยความจำ 16

3.2.1.3 ส่วน TIMER 16

3.2.1.4 ส่วน Interrupt 16

3.2.1.5 ส่วนแสดงผลและรับข้อมูลจากแป้นพิมพ์ 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1.6 ส่วนอินพุทและเอาท์พุท 16
3.2.2 โครงสร้างและองค์ประกอบของเครื่องควบคุมเชิงเลข 17
3.3 แนวความคิดของโปรแกรมจัดการระบบ 18
3.3.1 เวลาการสุ่มข้อมูล 18
3.3.2 ปัญหาเรื่องชนิดและขนาดของตัวเลข 18
3.3.3 ลักษณะของโปรแกรมกำหนดรูปแบบการควบคุม 19
4. ฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้
4.1 ส่วนประมวลผลกลาง 23
4.2 ส่วนหน่วยความจำ 25
4.3 ส่วนตั้งเวลาและการสื่อสาร 26
4.4 ส่วนแสดงผลและแป้นพิมพ์ 29
4.5 ส่วนอินพุทและเอาท์พุท 35
5. ซอฟแวร์เครื่องควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้
5.1 โปรแกรมควบคุมระบบ 41
5.1.1 โปรแกรมหลักของระบบ 41
5.1.2 โปรแกรมย่อยบริการผู้ใช้ 44
5.2 การทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบ 45
5.2.1 โปรแกรมทำงานแบบครั้งเดียว 45
5.2.2 โปรแกรมทำงานแบบวนรอบ 45
5.3 รายละเอียดโปรแกรมหลักของระบบ 46
5.3.1 โปรแกรมกำหนดการทำงานของฮาร์ดแวร์ 46
5.3.2 โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ 52
5.3.3 โปรแกรมตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ 53
5.3.4 โปรแกรมสแกนอินพุทและเอาท์พุท 55
5.3.5 โปรแกรมรับค่าจากแป้นพิมพ์และแสดงผล 58
5.3.5.1 โปรแกรมรับค่าแป้นพิมพ์และแสดงผลด้านหน้า ... 58
5.3.5.2 โปรแกรมรับค่าแป้นพิมพ์และแสดงผลด้านข้าง ... 61
5.3.6 โปรแกรมย่อยบริการผู้ใช้ 66
5.3.6.1 โปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ 68
5.3.6.2 โปรแกรมทางตรรก 86

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.6.3 โปรแกรมฟังก์ชันพื้นฐาน 89

5.3.6.4 โปรแกรมควบคุมแบบ PID 94

5.4 SYSTEM MEMORY MAPPING 100

6. การสร้างเครื่องควบคุมและการทดสอบ

6.1 การสร้างเครื่องควบคุม 102

6.2 การทดสอบซอฟแวร์ของเครื่องควบคุม 106

6.3 การทดสอบเครื่องควบคุม 107

6.3.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน 107

6.3.2 การทดสอบกับโปรเซส 108

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์ 124

7.2 ข้อเสนอแนะ 125

7.2.1 ฮาร์ดแวร์ 125

7.2.2 ซอฟท์แวร์ 125

เอกสารอ้างอิง 126

ภาคผนวก ก.

ตารางการเปรียบเทียบตัวควบคุมเชิงเลขในท้องตลาด 128

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดของบัส UROCON 129

ภาคผนวก ค.

ค.1 วงจรส่วนประมวลผลกลาง 132

ค.2 วงจรส่วนหน่วยความจำ 133

ค.3 วงจรส่วนตั้งเวลาและสื่อสาร 134

ค.4 วงจรแสดงผลและแป้นพิมพ์ 135

ค.5 วงจรอินพุทเอาท์พุท 138

ภาคผนวก ง.

วิธีการโปรแกรมกำหนดรูปแบบการควบคุมลง ROM 141

ง.1 เขียนรหัส mnemonic 141

ง.2 เขียนแอสแซมบลี้ 141

ง.2.1 ฟังก์ชันที่ไม่มีการส่งผ่านพารามิเตอร์ 141

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ง.2.2 ฟังก์ชันที่มีการส่งผ่านค่าตัวแปร 142

ง.2.3 ฟังก์ชันที่มีการส่งผ่านค่าตำแหน่ง 142

ง.3 Compile & Link 146

ง.4 แปลง Intel hex 16 บิท เป็น 8 บิท 147

ง.5 เขียน EPROM 147

ประวัติผู้เขียน 148

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงค่าเวลาการสุ่มข้อมูลที่เหมาะสมกับโปรเซสที่มีตัวแปรชนิดต่างๆ 18
4.1 แสดงความหมายแต่ละบิทในพอร์ท A ของ 8255A 28
4.2 แสดงตำแหน่งพอร์ทบนบอร์ดตั้งเวลาและสื่อสาร 28
4.3 แสดงตำแหน่งพอร์ทบนบอร์ดแสดงผลและแป้นพิมพ์ 34
4.4 แสดงข้อมูลที่ใช้เลือกช่องสัญญาณอินพุทเอาท์พุท 39
4.5 แสดงตำแหน่งพอร์ทบนบอร์ดอินพุทเอาท์พุท 40
5.1 แสดงค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ในการควบคุม 52
5.2 แสดงหน้าที่ของแป้นพิมพ์ด้านหน้า 58
5.3 แสดงหน้าที่ของแป้นพิมพ์ด้านข้าง 63
5.4 แสดงตัวอย่างการโปรแกรมวิธี RPN กับสมการพีชคณิต 66
5.5 แสดงประเภทและหน้าที่ของฟังก์ชันทั้งหมด 67
5.6 แสดงค่าเริ่มต้นและผลลัพธ์ของโอเปอร์แรนที่ใช้ในการหาร 84

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	การควบคุม Heat Exchanger ด้วย Simple Control	5
2.2	บล็อคไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบของการควบคุม	6
2.3	การควบคุม Heat Exchanger ด้วย Cascade Control	8
2.4	การควบคุม Heat Exchanger ด้วย Feedforward-Feedback Control	9
2.5	การควบคุมแบบ Ratio Control	10
2.6	การควบคุม Auctioneering Control ในหม้อปฏิกริยา	11
2.7	การควบคุมแรงดันไอน้ำจากแหล่งจ่ายหลายแห่ง	12
3.1	โครงสร้างโดยทั่วๆไปของเครื่องควบคุมเชิงเลข	14
3.2	แสดงโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ที่จำเป็น	15
3.3	องค์ประกอบของเครื่องควบคุมเชิงเลข	17
3.4	โครงสร้างหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าตัวเลขทศนิยม	19
4.1	บล็อคไดอะแกรมของวงจรส่วนประมวลผลกลาง	24
4.2	บล็อคไดอะแกรมของวงจรส่วนหน่วยความจำ	25
4.3	บล็อคไดอะแกรมส่วนตั้งเวลาและการสื่อสาร	26
4.4	โหมดการทำงานแบบต่างๆของ 8253	27
4.5	วงจรส่วนแสดงผลและแป้นพิมพ์	30
4.6	วงจรส่วนแสดงผลและแป้นพิมพ์ (ต่อ)	31
4.7	วงจรส่วนแสดงผลและแป้นพิมพ์ (ต่อ)	32
4.8	โครงสร้างภายใน DL1416	33
4.9	รายละเอียดของ Connector ขนาด 24 ขา	34
4.10	รายละเอียดของ Connector ขนาด 36 ขา	35
4.11	วงจรส่วนอินพุทเอาท์พุท	36
4.12	บล็อคไดอะแกรมแสดงการแปลงสัญญาณอนาลอค/ดิจิตอลและดิจิตอล/อนาลอค	39
5.1	โฟลว์ชาร์ทการทำงานของเครื่องควบคุมเชิงเลข	42
5.2	โฟลว์ชาร์ทการทำงานแบบวนรอบ	45
5.3	โครงสร้างภายในของ 8253	46
5.4	ฟอร์แมทคำสั่งควบคุมของ 8253	47
5.5	โครงสร้างภายใน 8255A	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
5.6	ฟอร์แมทคำสั่งควบคุมของ 8255A	49
5.7	ฟอร์แมทคำสั่งเลือกโหมดการทำงาน 8279	50
5.8	ฟอร์แมทคำสั่งของ Internal Clock ของ 8279	50
5.9	ลำดับขั้นตอนการโปรแกรมและฟอร์แมทคำสั่งควบคุมของ 8259A	51
5.10	โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมตรวจสอบ DAC	53
5.11	โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมตรวจสอบอินพุทเกินพิสัย	54
5.12	โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมสแกนอนาลอคอินพุท	55
5.13	โฟลว์ชาร์ทของ Successive Approximation	56
5.14	การ unpack ดิจิตอลอินพุท	57
5.15	การ pack ข้อมูลของดิจิตอลเอาท์พุท	57
5.16	โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมการเปลี่ยนแปลงค่า MV,SV	59
5.17	โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมตรวจสอบแป้นพิมพ์ด้านข้าง	62
5.18	โครงสร้างของตัวเลขทศนิยม	68
5.19	ตัวอย่างหน่วยความจำที่เก็บตัวเลข	68
5.20	ตัวอย่างตัวเลข normalize	69
5.21	โฟลว์ชาร์ทการบวกและลบเลขทศนิยม	70
5.22	โฟลว์ชาร์ทการบวกและลบเลขทศนิยม (ต่อ)	71
5.23	โฟลว์ชาร์ทการบวกและลบเลขทศนิยม (ต่อ)	72
5.24	โฟลว์ชาร์ทการบวกและลบเลขทศนิยม (ต่อ)	73
5.25	โฟลว์ชาร์ทการคูณเลขทศนิยม	75
5.26	โฟลว์ชาร์ทการคูณเลขทศนิยม (ต่อ)	76
5.27	โฟลว์ชาร์ทการคูณเลขทศนิยม (ต่อ)	77
5.28	โฟลว์ชาร์ทการคูณเลขทศนิยม (ต่อ)	78
5.29	โฟลว์ชาร์ทการหารเลขทศนิยม	80
5.30	โฟลว์ชาร์ทการหารเลขทศนิยม (ต่อ)	81
5.31	โฟลว์ชาร์ทการหารเลขทศนิยม (ต่อ)	82
5.32	โฟลว์ชาร์ทการหารเลขทศนิยม (ต่อ)	83
5.33	โฟลว์ชาร์ทของฟังก์ชันถอดรากกำลังสอง (SQR)	85
5.34	บล็อคไดอะแกรมของการควบคุม PID แบบต่างๆ	94
5.35	โฟลว์ชาร์ทของฟังก์ชัน BPID	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
5.36	บล็อคไดอะแกรมการควบคุมแบบ Cascade	98
5.37	โฟลว์ชาร์ทของฟังก์ชัน CPID	99
5.38	SYSTEM MEMORY MAP	101
6.1	แผ่นวงจรซีพียู	102
6.2	แผ่นวงจรหน่วยความจำ	103
6.3	แผ่นวงจร Timer & Communication	103
6.4	แผ่นวงจรอินพุทและเอาท์พุทของเครื่องควบคุมเชิงเลข	104
6.5	แผ่นวงจรส่วนแสดงผลและแป้นพิมพ์ด้านหน้า	105
6.6	แผ่นวงจรแสดงผลและแป้นพิมพ์ด้านข้าง	105
6.7	เครื่องควบคุมเชิงเลขชนิดโปรแกรมได้ใช้ในการทดสอบ	107
6.8	ไดอะแกรมของโปรเซสจำลองที่สร้างจากโปรแกรมเมื่อใช้ทดสอบ	108
6.9	โปรแกรม mnemonic กำหนดรูปแบบการควบคุมและสร้างโปรเซสจำลอง ..	109
6.10	โปรแกรม assembly กำหนดรูปแบบการควบคุมและสร้างโปรเซสจำลอง ..	110
6.11	กราฟผลตอบสนองของโปรเซสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมาย	111
6.12	กราฟผลตอบสนองของโปรเซสเมื่อมีสิ่งรบกวนระบบ	112
6.13	ระบบจำลองการไหล ระดับ และอุณหภูมิ	113
6.14	ไดอะแกรมที่ใช้ในการทดสอบการควบคุมแบบง่ายๆ	114
6.15	โปรแกรม mnemonic กำหนดรูปแบบการควบคุม	115
6.16	โปรแกรม assembly กำหนดรูปแบบการควบคุม	115
6.17	กราฟแสดงผลของโปรเซสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมาย ในการควบคุมป้อนกลับแบบง่ายๆ	117
6.18	ไดอะแกรมที่ใช้ในการทดสอบการควบคุมแบบ Cascade	119
6.19	โปรแกรม mnemonic กำหนดรูปแบบการควบคุม	120
6.20	โปรแกรม assembly กำหนดรูปแบบการควบคุม	120
6.21	กราฟแสดงผลของโปรเซสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมาย ในการควบคุมแบบ Cascade	122
6.22	กราฟแสดงผลของโปรเซสเมื่อมีสิ่งรบกวนระบบ ในการควบคุมแบบ Cascade	123