

68

การปรับค่าพารามิเตอร์ของดั้งความคุณพีไอดีโดยใช้ฟัซซีโลจิก

นาย พิจารณ์ ประกิจ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-250-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PID Controller Parameters Tuning Using Fuzzy Logic

Mr. Pijarn Prakij

ศูนย์วิทยบรังษย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

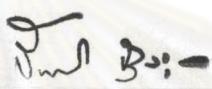
Chulalongkorn University

1996

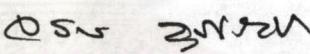
ISBN 974-633-250-3

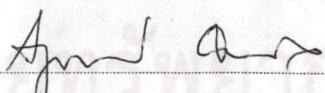
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีโดยใช้ฟิลเตอร์จิก
โดย นายพิจารณ์ ประกิจ
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ

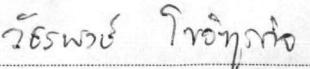
บันทึกวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

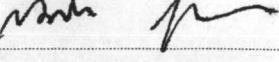

คณบดีบันทึกวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. จรายุ นุญยุนุด)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)


กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วัชรพงษ์ ไพบูลย์กิจ)


กรรมการ
(กุณ สมเนก ภู่ศิริไพบูลย์)

พิมพ์ดันฉบับปกด้วยอวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว



พิจารณ์ ประกิจ : การปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีโดยใช้ฟลัชช์ล็อกิก
(PID CONTROLLER PARAMETERS TUNING USING FUZZY LOGIC) อ.ที่ปรึกษา :
ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ, 121 หน้า ISBN 974-633-250-3

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุมพีไอดี โดยการพิจารณา
จากผลตอบสนองของกระบวนการที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงจุดปรับตั้งแบบขั้นบันได การตัดสินใจปรับค่าพารา-
มิเตอร์คำนวณได้จากฐานความรู้และฐานกฎในระบบฟลัชช์ล็อกิกซึ่งสามารถแทนการตัดสินใจของมนุษย์โดยอ้าง
เหมาะสม ฐานความรู้และฐานกฎไกมาจากผู้มีประสบการณ์ในงานควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรม

ผลการทดลองกับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการ และกระบวนการจริงเป็นที่น่า
พอใจ งานวิทยานิพนธ์นี้ สามารถนำไปพัฒนาใช้กับระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมได้

ศูนย์วิทยบรังษย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต .. *กานต์ กานต์*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .. *Apurwana*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .. -

C615603 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: PID CONTROLLER TUNING/FUZZY SET/FUZZY LOGIC

PIJARN PRAKIJ : PID CONTROLLER PARAMETERS TUNING USING FUZZY LOGIC.

THESIS ADVISOR : SOMBOON CHONGCHAIKIT, D.Ing. 121 pp. ISBN 974-633-250-3

This thesis presents a method for PID controller tuning. The tuning starts from gathering data of process response to step setpoint change. The parameters tuning is based on knowledgebase and rulebase in fuzzy logic system which can appropriately represent the human decision making.

These knowledgebase and rulebase are deduced from experience of industrial process control experts.

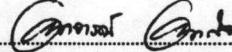
Experiments with process simulation software and process plant model show satisfactory result. This thesis can be developed to apply in industrial process control system.

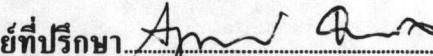
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา..... 2538

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำอย่างดีซึ่งของอาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงษักิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. จรวิทย์ บุญยุบล ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. วัชรพงษ์ โภวิชูรกิจ และ คุณสมนึก ภู่ศิริไพบูลย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่าง ๆ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. เจนญา ชินรุ่งเรือง ที่กรุณาให้ผู้วิจัยใช้กระบวนการจำลองในการทดสอบวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้อุดหนุนสนับสนุนงานวิจัยเป็นเวลา 1 ปี

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวรรษวิทย์ กมลเดชาเดชา และนิสิตปริญญาโทห้องปฏิบัติการวิจัยวัสดุทางอุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเชิงเลขที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ข้อคิดและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณปู่ คุณย่า บิดา มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนด้านการเงิน และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	๑
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๑
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๒
สารบัญรูปภาพ.....	๒
 บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นต้น.....	๑
แนวคิดและทฤษฎี.....	๑
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	๒
ขอบเขตของการวิจัย.....	๒
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	๓
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	๓
 บทที่ 2 ตัวควบคุมกระบวนการแบบ PID	
องค์ประกอบของการควบคุม.....	๔
ตัวควบคุมแบบ PID คืออะไร.....	๕
รูปแบบของตัวควบคุมแบบ PID.....	๕
ผลของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PID กับกระบวนการ.....	๗
การหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน.....	๑๐
 บทที่ 3 พัฒนาอิจิก	
หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับพัฒนาอิจิก.....	๑๖
1. พัฒนา.....	๑๖
2. การดำเนินการพัฒนา.....	๒๒
3. ความสัมพันธ์พัฒนา.....	๒๕
4. กฎการผ่อน.....	๒๗
การให้เหตุผลโดยประมาณ.....	๒๘
1. การให้เหตุผลโดยประมาณ.....	๒๙

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2. กฎการนิรนัยฟื้ชี.....	29
3. ฟื้ชีอินพลิกेशันฟิงก์ชัน.....	32
4. ตัวดำเนินการผสม.....	36
5. กลไกการนิรนัยความจริง.....	36
ระบบฟื้ชีโลจิก.....	38
1. ประเภทและส่วนประกอบของระบบฟื้ชีโลจิก.....	39
2. การออกแบบระบบฟื้ชีโลจิก.....	41
3. หลักการแปลงฟื้ชี.....	42
4. ฐานข้อมูลและฐานกฎ.....	43
5. ลอจิกการตัดสินใจ.....	48
6. หลักการแปลงกลับฟื้ชี.....	49
บทที่ 4 โครงสร้างของโปรแกรมการใช้ระบบฟื้ชีปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PID	
โครงสร้างของโปรแกรม.....	50
1. การอ่านข้อมูลเข้าเครื่อง.....	50
2. ตัวควบคุมกระบวนการ.....	51
3. โครงสร้างโดยรวมของโปรแกรม.....	51
แนวทางการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	54
1. การพิจารณาปรับค่า PID จากผลตอบของกระบวนการ.....	54
2. การปรับค่า PID ให้ได้ผลตอบวงปิดตามที่ต้องการ.....	55
2.1 ผลตอบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 5 10 หรือ 15 เปอร์เซนต์.....	55
2.2 ผลตอบที่มีการแก่วงแบบมีค่าอัตราการหน่วงเศษหนึ่งส่วนสี่.....	58
การออกแบบการนำเอาระบบฟื้ชีเข้ามาแทนการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ.....	60
1. ระบบฟื้ชี.....	60
2. ตัวแปลงฟื้ชี.....	61
3. ฐานกฎ.....	64
4. กลไกการนิรนัยความจริง และลอจิกการตัดสินใจ.....	67
5. ตัวแปลงกลับฟื้ชี.....	68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ ๕ การทดสอบโปรแกรม และผลการทดสอบ	
ข้อกำหนดสมรรถนะ.....	69
การทดสอบการหาค่าพารามิเตอร์ PID กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการ	
1. การทดสอบกับกระบวนการกำลังสองที่มีเวลาประวิง.....	70
2. การทดสอบกับกระบวนการกำลังสามที่มีเวลาประวิง.....	75
3. การทดสอบกับกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลาประวิง.....	80
การทดสอบการหาค่าพารามิเตอร์ PID กับกระบวนการจั่งในห้องปฏิบัติการ.....	85
บทที่ ๖ บทสรุป และข้อเสนอแนะ	
บทสรุป.....	95
ข้อเสนอแนะ.....	95
เอกสารอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก ก.....	99
ภาคผนวก ข.....	102
ภาคผนวก ค.....	109
ภาคผนวก ง.....	119
ประวัติผู้เขียน.....	121

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 บรรทัดฐานสำหรับการให้เหตุผลแบบ GMP	32
ตารางที่ 3.2 บรรทัดฐานสำหรับการให้เหตุผลแบบ GMT	32
ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบฟิชชีอินพลีเคชันแบบต่าง ๆ	34
ตารางที่ 4.1 ฐานกฎที่ใช้ในการปรับค่า Proportional Band ให้ได้ผลตอบที่มีค่าส่วนผุ่งเกินสูงสุด 5, 10, 15 %.....	65
ตารางที่ 4.2 ฐานกฎที่ใช้ในการปรับค่า Integral Time ให้ได้ผลตอบที่มีค่าส่วนผุ่งเกินสูงสุด 5, 10, 15 %.....	65
ตารางที่ 4.3 ฐานกฎที่ใช้ในการปรับค่า Proportional Band ให้ได้ผลตอบที่มีการแก่งรากแบบมีค่าอัตราการหน่วงเศษหนึ่งส่วนสี่.....	66
ตารางที่ 4.4 ฐานกฎที่ใช้ในการปรับค่า Integral Time ให้ได้ผลตอบที่มีการแก่งรากแบบมีค่าอัตราการหน่วงเศษหนึ่งส่วนสี่.....	67
ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสองที่มีเวลาประวิง.....	70
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสามที่มีเวลาประวิง.....	75
ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลาประวิง.....	80
ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบ กับกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ.....	86
ตารางที่ 5.5 การเรียงลำดับข้อดีของแต่ละวิธีในแต่ละข้อกำหนดสมรรถนะของผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสองที่มีเวลาประวิง.....	91
ตารางที่ 5.6 การเรียงลำดับข้อดีของแต่ละวิธีในแต่ละข้อกำหนดสมรรถนะของผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสามที่มีเวลาประวิง.....	92
ตารางที่ 5.7 การเรียงลำดับข้อดีของแต่ละวิธีในแต่ละข้อกำหนดสมรรถนะของผลการทดสอบ กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลาประวิง.....	93
ตารางที่ 5.8 การเรียงลำดับข้อดีของแต่ละวิธีในแต่ละข้อกำหนดสมรรถนะของผลการทดสอบ กับกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ.....	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ก.1 ผลลัพธ์ของการให้เหตุผลแบบ GMP	
สำหรับพืชชีโอมเพล็กชันฟิล์มกัชั่นแบบต่าง ๆ	101
ตารางที่ ก.2 ผลลัพธ์ของการให้เหตุผลแบบ GMT	
สำหรับพืชชีโอมเพล็กชันฟิล์มกัชั่นแบบต่าง ๆ	101

**ศูนย์วิทยบรังษยการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม.....	4
รูปที่ 2.2 รูปแบบของตัวควบคุมแบบ PID.....	6
รูปที่ 2.3 ผลของ Proportional Band ที่มีต่อผลตอบของกระบวนการ ในการควบคุมแบบ P-only.....	8
รูปที่ 2.4 ผลของ Integral Time ที่มีต่อผลตอบของกระบวนการ ในการควบคุมแบบ PI.....	9
รูปที่ 2.5 ผลของ Derivative Time ที่มีต่อผลตอบของกระบวนการ ในการควบคุมแบบ PD.....	10
รูปที่ 2.6 สัญญาณที่มีอัตราส่วนของแอนเพลจิคเท่ากับ 1 และค่าของ สัญญาณกำหนดตาม Ziegler และ Nichols.....	12
รูปที่ 2.7 พารามิเตอร์ที่หาจาก Process Reaction Curve ของ Ziegler and Nichols.....	13
รูปที่ 2.8 พารามิเตอร์ที่หาจาก Process Reaction Curve ของ Cohen and Coon.....	14
รูปที่ 4.1 การพ่วงคอมพิวเตอร์เข้ากับกระบวนการ.....	50
รูปที่ 4.2 ระบบควบคุมแบบกระจาย (DCS) รุ่น μXL ของบริษัท Yokogawa.....	51
รูปที่ 4.3 ผังการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด.....	53
รูปที่ 4.4 ผลกระทบของค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่มีต่อผลตอบ สนองแบบวงปิดของกระบวนการในการควบคุมแบบ PI.....	56
รูปที่ 4.5 ผลของการควบคุมแบบ Derivative ใน การควบคุมแบบ PID.....	57
รูปที่ 4.6 ลักษณะผลตอบสนองที่มีการแก่งแบนมีค่าอัตราการหน่วงเศษหนึ่งส่วนสี่.....	59
รูปที่ 4.7 โครงสร้างของระบบฟิชซีที่ใช้ในงานวิจัย.....	60
รูปที่ 4.8 สัญญาณเข้าของตัวแปลงฟิชซี.....	62
รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟิชซีเขตของสัญญาณขาเข้า.....	64
รูปที่ 4.10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟิชซีเขตของสัญญาณขาออก.....	68
รูปที่ 5.1 ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสองที่มีเวลา ประวิงในการผีที่ปรับค่าด้วยวิธีวงรอบปิดของ Ziegler-Nichols.....	71

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.15	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยวิธีวงรอบปิดของ Ziegler-Nichols.....	81
รูปที่ 5.16	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยวิธีวงรอบเปิดของ Ziegler-Nichols.....	81
รูปที่ 5.17	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยวิธีวงรอบเปิดของ Cohen-Coon.....	82
รูปที่ 5.18	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยพัฟซีล็อกิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 5 %.....	82
รูปที่ 5.19	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยพัฟซีล็อกิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 10 %.....	83
รูปที่ 5.20	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยพัฟซีล็อกิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 15 %.....	83
รูปที่ 5.21	ผลตอบสนองของโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการกำลังสี่ที่มีเวลา ประวิงในกรณีที่ปรับค่าด้วยพัฟซีล็อกิกแบบ Quarter Decay Ratio.....	84
รูปที่ 5.22	กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน.....	85
รูปที่ 5.23	ระบบควบคุมอุณหภูมิ.....	85
รูปที่ 5.24	ผลตอบสนองของกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย วิธีวงรอบปิดของ Ziegler-Nichols.....	87
รูปที่ 5.25	ผลตอบสนองของกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย วิธีวงรอบเปิดของ Ziegler-Nichols.....	87
รูปที่ 5.26	ผลตอบสนองของกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย วิธีวงรอบเปิดของ Cohen-Coon.....	88
รูปที่ 5.27	ผลตอบสนองของกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย พัฟซีล็อกิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 5 %.....	88
รูปที่ 5.28	ผลตอบสนองของกระบวนการจริงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย พัฟซีล็อกิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 10 %.....	89

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.29 ผลตอบสนองของกระบวนการจิงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย ฟซซีโลจิกแบบที่มีค่าส่วนพุ่งเกินสูงสุด 15 %.....	89
รูปที่ 5.30 ผลตอบสนองของกระบวนการจิงในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ปรับค่าด้วย ฟซซีโลจิกแบบ Quarter Decay Ratio.....	90
รูปที่ ข.1 การให้เหตุผลโดยการใช้ α^L และ R_c	105
รูปที่ ข.2 การให้เหตุผลโดยการใช้ α^* และ R_c	106
รูปที่ ค.1 การเข้าสู่โปรแกรม MATLAB.....	110
รูปที่ ค.2 การเข้าสู่โปรแกรมช่วยหาค่า PID.....	111
รูปที่ ค.3 หน้าจอในการตั้งค่าตัวเลือกของโปรแกรมช่วยหาค่า PID.....	112
รูปที่ ค.4 หน้าจอแสดงการเริ่มปรับค่า PB ใน New Control Loop Tuning.....	113
รูปที่ ค.5 หน้าจอการเก็บผลตอบของกระบวนการ.....	114
รูปที่ ค.6 หน้าจอแสดงค่า PB ในขณะที่ผลตอบยังไม่เริ่มเกิดการแกว่ง.....	115
รูปที่ ค.7 หน้าจอแสดงค่า PID เริ่มต้นที่คำนวณได้หลังจากผลตอบเริ่มเกิดการแกว่ง.....	116
รูปที่ ค.8 หน้าจอแสดงค่า PID ในขณะที่มีการปรับระดับ.....	117
รูปที่ ค.9 หน้าจอแสดงผลการปรับค่า PID เสร็จสมบูรณ์.....	118

ศูนย์วิทยาทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย