

การปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของตัวควบคุม พีไอดี



นาย พิษณุ กิจไพฑูรย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

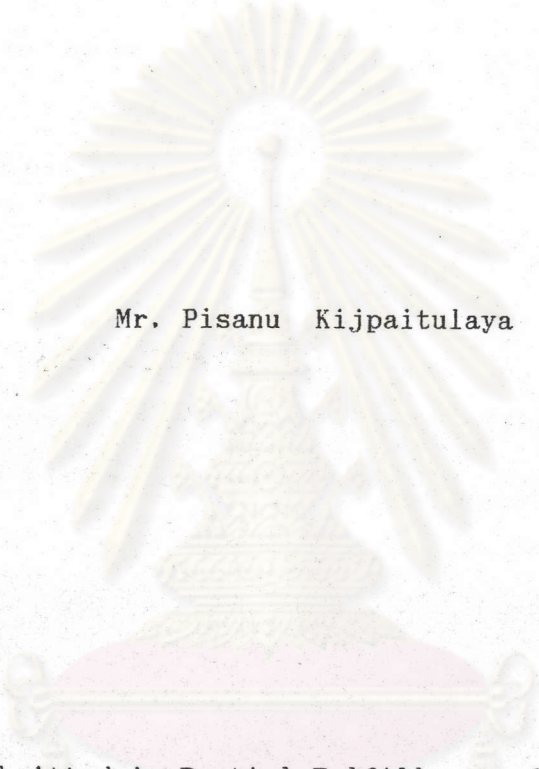
พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-543-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018494 i1721118x

Optimum Tuning of PID Controllers



Mr. Pisanu Kijpaitulaya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

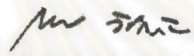
Chulalongkorn University

1992


ISBN 974-581-543-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของตัวควบคุม PID
โดย นาย พิษณุ กิจไพฑูรย์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

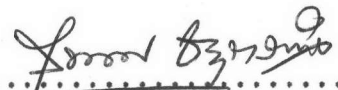

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. จราย บุญยกุล)


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


..... กรรมการ
(ดร. บุญมี อย่างธारा)


..... กรรมการ
(ศุภพงศ์ ชยตสาหกิจ)



พิมพ์ที่ตึกห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า อาคาร ๑๑ ชั้น ๑๑ อาคารเรียนรวม ๑๑ ชั้น ๑๑ อาคารเรียนรวม ๑๑ ชั้น ๑๑

พินิจ กิจไพฑูรย์ : การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของตัวควบคุม พีไอดี
(OPTIMUM TUNING OF PID CONTROLLER) อ.ที่ปรึกษา : ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ,
169 หน้า. ISBN 974-581-543-8

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของตัวควบคุม PID หลักการทำงาน
เริ่มจากการจำลองกระบวนการด้วยสมการอันดับสองที่มีเวลาประวิง การหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ
จำลองคำนวณจาก Control area ของผลตอบแบบขั้นบันได ต่อจากนั้นคำนวณหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
ของตัวควบคุม PID ด้วยวิธีหาค่าที่ดีที่สุดของ Zangwill

ผลการทดลองกับกระบวนการจำลองเป็นที่น่าพอใจ งานวิจัยนี้ สามารถนำไปพัฒนาใช้กับระบบ
ควบคุมทางอุตสาหกรรมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา ระบบควบคุม
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##COL7447 : MAJOR CONTROL SYSTEM

KEY WORD : OPTIMUM TUNING/PID CONTROLLER

PISANU KIJPAITULAYA : OPTIMUM TUNING OF PID CONTROLLER. THESIS

ADVISOR : SOMBOCN CHONGCHAIKIT, D.Ing. 169 pp. ISBN 974-581-543-8

This thesis presents a method for PID controller tuning. The process was characterized by a second-order-plus-dead-time model. Model parameter estimations were obtained from the control area of a step response. Then, the controller parameters were calculated by an optimization method proposedd by Zangwill.

Simulations were carried out with a process model ; and the simulation results were satisfactory in the sense that the determine parameters resulted in the minimum performance indices. This work can be applied in industrial control systems.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา.....ระบบควบคุม
ปีการศึกษา.....2534

ลายมือชื่อนิติต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ทำให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ช่วยแก้ไขปัญหา ช่วยจัดหาอุปกรณ์ตลอดจนตำราต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ และคอยเร่งรัดผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ ดร. บุญมี อย่างธำรา ที่กรุณาช่วยตรวจและให้คำแนะนำ ต่อผู้วิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ รศ. กฤษดา วิเศษธีรานนท์ ที่คอยให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ และคอยเร่งรัดผู้วิจัยในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสุพจน์ ตุงคเศรวงค์ คุณมิตร และพนักงานของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ซึ่งให้ความร่วมมือและให้ผู้วิจัยมีอุปกรณ์ในการจัดทำและทดสอบวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนนิสิตในห้องปฏิบัติการวิจัยวัดคุณสมบัติทางอุตสาหกรรมที่คอยให้กำลังใจ และคำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์

และท้ายสุดผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ซึ่งให้กำลังใจและให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนจบการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเบื้องต้น	1
1.2 แนวคิดและทฤษฎี	1
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. ตัวควบคุมขบวนการแบบ PID	5
2.1 องค์ประกอบของการควบคุม	5
2.2 ตัวควบคุมแบบ PID คืออะไร	8
2.3 รูปแบบของตัวควบคุมแบบ PID	8
2.4 ผลของพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PID กับระบบ	10
2.5 การหาค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน	13
3. การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	18
4. การหาค่าที่เหมาะสมของการควบคุม	25
4.1 วิธีการของ Zangwill	26

สารบัญ (ต่อ)

4.2	การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในทิศทางเดียว	27
4.3	ดัชนีสมรรถนะ (Performance Index)	29
5.	โครงสร้างของโปรแกรมหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ	33
5.1	ฐานเวลาของกระบวนการ	34
5.2	การอ่านข้อมูลเข้าเครื่อง	34
5.3	การหาค่าที่เหมาะสมในการรบกวนกระบวนการ	35
5.4	การตรวจเช็คสถานะคงตัวของผลตอบ	37
5.5	ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการ	37
5.6	โปรแกรมหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ	38
6.	โครงสร้างโปรแกรมหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุม	40
6.1	เวลาประวิง (Delay time)	40
6.2	ดัชนีสมรรถนะ (Performance Index)	42
6.3	โครงสร้างของโปรแกรมในส่วนการหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุม ..	47
7.	การทดสอบโปรแกรมและผลการทดสอบ	52
7.1	การทดสอบการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	52
7.2	การทดสอบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุม	55
7.3	การทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการควบคุม กับโปรแกรมจำลองการทำงานของกระบวนการ	56
7.4	การทดสอบการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุม กับกระบวนการจำลอง	60
8.	บทวิเคราะห์ สรุป และข้อเสนอแนะ	67
8.1	บทวิเคราะห์	67
8.2	บทสรุป	68
8.3	ข้อเสนอแนะ	68
	เอกสารอ้างอิง	69

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก.	72
ภาคผนวก ข.	74
ภาคผนวก ค.	78
ภาคผนวก ง.	85
ภาคผนวก จ.	93
ประวัติผู้เขียน	169



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
7.1 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	53
7.2 แสดงค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการ	56
7.3 แสดงค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมในการควบคุมระบบ	62



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 ระบบควบคุมกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)	6
2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)	6
2.3 รูปแบบของการควบคุมแบบ PID	8
2.4 ผลของ Proportional Band ต่อกระบวนการ	11
2.5 แสดงผล Integral-Time ที่มีต่อผลตอบของกระบวนการ ในการควบคุมแบบ PI	12
2.6 แสดงผลของ Derivative Action ที่มีต่อกระบวนการ ในการควบคุมแบบ PD	13
2.7 แสดงสัญญาณที่มีอัตราส่วนของแอมพลิจูดเท่ากับ 1 และคาบของสัญญาณกำหนดตาม Ziegler และ Nichols	15
2.8 แสดงพารามิเตอร์ที่หาจาก Process Reaction Curve	16
3.1 แสดงการรบกวนกระบวนการ	19
3.2 แสดง Control Area ของกระบวนการ	20
3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r และ n	22
3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง r และ z	24
5.1 แสดงการพ่วงคอมพิวเตอร์เข้ากับกระบวนการ	33
5.2 แสดงขั้นตอนการรบกวนกระบวนการ	36
5.3 แสดงขั้นตอนการหาค่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ	39
6.1 แสดงผลตอบของสมการประมาณค่าเวลาประวิง ที่มีต่อสัญญาณแบบขั้นบันได ...	41
6.2 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการ	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

6.3	แสดงขั้นตอนการทำงาน	48
7.1	แสดงผลการทดสอบการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	54
7.2	แสดงการเข้าสู่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ที่จุดเริ่มต้นต่าง ๆ กัน	55
7.3	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ IAE.	58
7.4	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ ISE.	58
7.5	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ ITAE.	59
7.6	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะที่ทำให้ค่าพุ่งเกินน้อยที่สุด ...	59
7.7	เปรียบเทียบผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะต่าง ๆ	60
7.8	กระบวนการควบคุมระดับน้ำ	60
7.9	โครงสร้างของกระบวนการควบคุมระดับน้ำ	61
7.10	เปรียบเทียบผลตอบแบบวงรอบเปิดระหว่างกระบวนการควบคุมระดับน้ำ กับระบบจำลอง	61
7.11	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ IAE.	63
7.12	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ ISE.	64
7.13	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะ ITAE.	64
7.14	ผลตอบที่จุดที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของดรรชนีสมรรถนะที่ทำให้ค่าพุ่งเกินน้อยที่สุด ...	65
7.15	เปรียบเทียบผลตอบของ Step-Setpoint-Change Disturbance ที่ดรรชนีสมรรถนะต่าง ๆ	65
7.16	เปรียบเทียบผลตอบของ Load-Change Disturbance ที่ดรรชนีสมรรถนะต่าง ๆ	66