

การควบคุมแขนกลสามแกนแบบ พี ไอ ดี



นาย ไพรัช บุปพวงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พุทธศักราช 2531

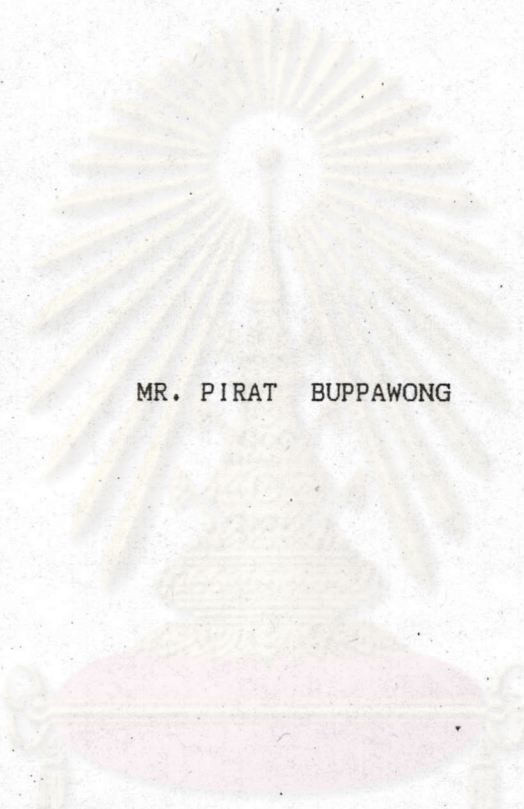
ISBN 974-568-954-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013810

116814769

P.I.D. CONTROL OF A THREE AXIS MANIPULATOR ARM



MR. PIRAT BUPPAWONG

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A. THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1988

ISBN 974-568-954-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมแขนกลสามแกนแบบ พี ไอ ดี
โดย นายไพรัช บุนพวงค์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยโรจน์ คุณเนนิชกิจ)



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์	3
3. การควบคุมแบบ พี ไอ ดี	8
4. กลศาสตร์ของแขนกล	21
5. การจำลองแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	32
6. การเชื่อมโยงระบบแขนกลกับคอมพิวเตอร์ ...	42
7. การทดสอบระบบแขนกล	46
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	58
ประวัติผู้เขียน	94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ไพรัช บุพหงส์ : การควบคุมแขนกลสามแกนแบบ พี ไอ ดี (P.I.D. CONTROL OF A THREE AXIS MANIPULATOR ARM) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 94 หน้า

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา การนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมแขนกลแบบแกนหมุนสามแกนให้เคลื่อนที่ใน 3 มิติ โดยใช้วิธีการควบคุมแบบ พี ไอ ดี ซึ่งมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ในการควบคุมการเคลื่อนที่ตำแหน่งเป้าหมายการเคลื่อนที่ที่กำหนดด้วย มุมหมุน เป็นหน่วยเรเดียน ให้กับคอมพิวเตอร์ แล้วโปรแกรมการควบคุมการเคลื่อนที่ในคอมพิวเตอร์ จะสร้างจุดแนวทางการเดินมาใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อหมุนชุดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงสู่ตำแหน่งเป้าหมาย

ตัวควบคุมแบบคงค่า 9 ค่าของแกนทั้ง 3 ของแขนกล ได้รับการออกแบบตามเฟสอาร์จินที่กำหนดให้ และสมมติฐานที่ว่าแขนกลเป็นระบบเชิงเส้นที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา จากผลการทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล แขนกลสามารถเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดตลอดแนวการเคลื่อนที่ไม่เกิน 0.02 เรเดียน เมื่อแขนกลมีอัตราเร่งเชิงมุม 0.1-0.25 เรเดียน/วินาที² ในขณะที่ยกน้ำหนักที่ปลายแขนได้ระหว่าง 0-3 กก. โดยที่ตัวควบคุมแบบ พี ไอ ดี มีค่าคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ทดสอบ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ เป็นผลมาจากแบคแลชของชุดเฟืองทด และผลกระทบจากแรงเซนตริฟูกัลและแรงคอริโอลิส ซึ่งแปรตามความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรม เครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรม เครื่องกล
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต ไพรัช บุพหงส์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [ลายมือ]

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว

PIRAT BUPPAWONG : P.I.D. CONTROL OF A THREE AXIS MANIPULATOR ARM
THESIS ADVISOR : DR. VIBOON SANGVERAPHUNSIRI, 94 PP.

The application of microcomputer control of a three axis manipulator arm by employing the computer as a controller is studied in this thesis. The P.I.D. strategy is used for joint position control. The joint reference position input is in radian. After the final position is assigned, the path of motion is automatically generated by the feedback control loop program and the DC servomotor is rotated to suitable angles.

Because the assumption of linear time invariant system, the P.I.D gains are set at nine constant values, three for each joint. These gains are designed to meet the desired phase margin. From the experiment, the manipulator is moved to a target position with 0.1-0.25 rad/sec² angular acceleration while carrying 0-3 kg. load at the end of the arm. The maximum position error along moving paths is 0.02 radian. It is noted that the major effect to the position error is due to backlash of the gear box and centrifugal and coriolis disturbance forces.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรม เครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรม เครื่องกล
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต 1653-1677-213

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และขอขอบคุณ ดร.วิเศษ พงศ์นิพนธ์ ผู้จัดการบริษัทวิเศษและสุภัค จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับวงจรทางไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการวิทยานิพนธ์ และ เนื่องจากทุกการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณวัชรีย์ แซ่เอง ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นายไพรัช บุพพวงค์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างพื้นฐานของแขนกล.....	4
2.2	แขนกลแบบคาร์ทีเซียน.....	5
2.3	แขนกลระบบแกนทรงกระบอก.....	5
2.4	แขนกลแบบทรงกลมหรือระบบแกนโพลาร์.....	6
2.5	แขนกลระบบแกนหมุน.....	6
2.6	วงจรการควบคุมแขนกลด้วยคอมพิวเตอร์.....	7
3.1	ระบบเพื่อทดสอบขยายแรงบิดมอเตอร์.....	8
3.2	วงจรไฟฟ้าของมอเตอร์.....	9
3.3	มอเตอร์บล็อกไดโอดแกรม.....	10
3.4	บล็อกไดโอดแกรมของการควบคุมแบบ พี ไอ ดี.....	10
3.5	บล็อกไดโอดแกรมของการควบคุมแบบ พี.....	11
3.6	บล็อกไดโอดแกรมของการควบคุมแบบ พี ดี.....	12
3.7	บล็อกไดโอดแกรมการควบคุมแบบ พี ไอ.....	12
3.8	บล็อกไดโอดแกรมการควบคุมแบบ พี ไอ กับระบบที่ถูกรบกวนจากแรงภายนอก.....	13
3.9	บล็อกไดโอดแกรมการควบคุมแบบ พี ไอ ดี กับมอเตอร์แขนกล.....	14
3.10	บล็อกไดโอดแกรมของระบบควบคุมแบบ พี ไอ ดี ของมอเตอร์.....	15
3.11	บล็อกไดโอดแกรมของระบบควบคุมแบบ พี ไอ ดี ของมอเตอร์แกนฐาน.....	17
3.12	โบทพลอตของแกนข้อต่อของแขนกล.....	18
3.13	โบทพลอตของระบบควบคุมแกนข้อต่อของแขนกล.....	19
3.14	ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมของแขนกลสามแกน...	20
4.1	แสดงการหมุนและการเลื่อนแกนคาร์ทีเซียน.....	22
4.2	การตั้งแกนของแขนหุ่นยนต์ตามดินาวิท-ฮาเทนเบิร์ก.....	23
4.3	การตั้งแกนของ CUME ROBOT.....	26
4.4	แสดงการบอกตำแหน่งปลายแขนเทียบกับฐาน.....	27
5.1	แสดงแนวทางการเคลื่อนที่แบบตำแหน่งสู่ตำแหน่ง.....	33
5.2	การจำลองแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม.....	37
5.3	โพลซาร์ทโปรแกรมกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่.....	39
5.4	โพลซาร์ทโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบย้อนกลับ.....	40

5.5	โพลซาร์ทโปรแกรมอินทิเกรตหาผลการเคลื่อนที่.....	41
6.1	การเชื่อมโยงระบบควบคุมแขนกล.....	43
7.1	แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ในการทดสอบแขนกล.....	47
7.2	กราฟแสดงตำแหน่งจากการเคลื่อนที่แบบแกนเดียว ของแกนฐานที่อัตราเร่ง 0.25 เรเดียน/วินาที ²	48
7.3	กราฟแสดงความเร็วและแรงดันขับเคลื่อนของการเคลื่อนที่ แบบแกนเดียวของแกนฐานที่อัตราเร่ง 0.25 เรเดียน/วินาที ²	49
7.4	ตารางแสดงผลการควบคุมแขนกลแบบเคลื่อนที่แกนเดียว.....	50
7.5	กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนฐานจาก การเคลื่อนที่พร้อมกันสามแกน.....	51
7.6	ตารางแสดงผลการควบคุมแขนกลแบบเคลื่อนที่พร้อมกันสามแกน....	52
7.7	ตารางแสดงผลการควบคุมแขนกลเมื่อมีการปรับค่าน้ำหนัก.....	53
7.8	กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนฐาน จากแบบจำลองเมื่อยกน้ำหนัก 8 กก.....	53
7.9	กราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแกนฐานจากการ เคลื่อนที่พร้อมกันสามแกนเมื่อยกน้ำหนัก 3 กก.....	54