# การควบคุม พี.ไอ.ดี.พี ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ

นาย วรงค์สิทธิ มารัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2531

ISBN 974-568-692-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013807

i 17188222

# PIDP CONTROL OF A FLAME CUTTING TABLE

Mr. Varongsit Marrat

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 974-568-692-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุม พี.ไอ.ดี.พี ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ
โดย นาย วรงค์ลิทธิ มารัตน์
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์คิริ

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
( ศาสตราจารย์ ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ )

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์คิริ )

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

..... กรรมการ
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ )

วรงค์ลิทธิ มารัตน์ : การควบคุม พี.ไอ.ดี.พี ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ (PIDP CONTROL OF A FLAME CUTTING TABLE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.วิบูลย์ แส่งวีระพันธุ์ศิริ, 89 หน้า.

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ ซึ่งการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟจะทำให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกและได้ผลงานที่มีความแม่นยำอันเป็นผลเนื่องจากการใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ผู้ใช้สามารถกำหนดลักษณะของแนวทางเดินของปลายหัวตัดที่ต้องการ โดยใช้เส้นตรงและส่วนโค้งมาประกอบเข้าด้วยกัน หลังจากกำหนดแนวทางเดินแล้วโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมจะคำนวณจุดแนวทางเดินของหัวตัด โดยจุดเหล่านี้จะนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับการควบคุมแบบป้อนกลับ

ปลายหัวตัดของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟที่ออกแบบจะมีการเคลื่อนที่ในระนาบ เอ็กซ์-วาย ซึ่งแต่ละทิศทางของการเคลื่อนที่จะถูกควบคุมโดยมอเตอร์กระแสตรง ในการควบคุมตำแหน่งและความเร็วของปลายหัวตัดใช้การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี.พี (proportional-integral-derivative-preview)

จากผลการทดลองค่าความผิดพลาดของตำแหน่งตามแนวการตัด ในช่วงความเร็วตามแนวการตัด 0.005 ถึง 0.015 เมตรต่อวินาที พบว่าค่าความผิดพลาดของตำแหน่งมีค่าน้อยกว่า 0.70 มิลลิเมตรในแนวแกนเอ็กซ์และ 0.76 มิลลิเมตรในแนวแกนวาย ที่ความเร็วตามแนวการตัด 0.015 เมตรต่อวินาทีในการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากค่าแบ็คแลช (backlash) ของชุดเฟืองทด

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

VARONGSIT MARRAT : PIDP CONTROL OF A FLAME CUTTING TABLE. THESIS ADVISOR : ASIS. PROF. VIBOON SANGVERAPHUNSIRI,Ph.D. 89 pp.

The application of microcomputer control of a flame cutting table was studied in this thesis. The use of the microcomputer to control the flame cutting table will improve the user interface besides the accuracy which can be obtained due to the feedback control strategy. Users can specify paths of the tool end point by using the combination of lines and arcs. After the paths are specified, the control program will calculate desired tool point locations. These points will be the referenced points for the feedback control loop.

The tool-tip of the designed flame cutting table can be moved in X-Y plane. Each direction is controlled by a d.c. motor. The PIDP (proportional-integral-derivative-preview) strategy is used for controlling the position and the velocity of the tool-tip.

From the experiments, it was shown that the position errors were less than 0.70 millimeter and 0.76 millimeter for X and Y direction respectively, when the path velocity is 0.015 m/sec in circular path movement. The position error of the path velocity range from 0.005 to 0.15 m/s have also been investigated. It is noted that the major effect for the position error is due to backlash of the gear drive unit.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และขอขอบคุณ ดร. วิศณุ พงศ์พิพัฒน์ ผู้จัดการบริษัท วิศณุและสุภัค จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับวงจรทางไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการวิทยานิพนธ์ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่

1. บทนำ ..... 1
2. ระบบการควบคุมมอเตอร์และส่วนประกอบของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก .. 4
3. การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี.พี ..... 11
4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก ..... 18
5. การออกแบบ ..... 22
6. การทดลอง ..... 42
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 55

เอกสารอ้างอิง ..... 57

ภาคผนวก ..... 58

ประวัติผู้เขียน ..... 89

# สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่


2.1 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน ... 4

2.2 บล็อคไดอะแกรมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก ..... 6

3.1 บล็อคไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี. ของระบบอันดับ 2 ..... 11

3.2 บล็อคไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี.ไอ. ของระบบอันดับ 2 ... 12

3.3 บล็อคไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี. ของระบบอันดับ 2 ที่มีแรงภายนอกมากระทำ ..... 13

3.4 บล็อคไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี.ไอ.ของระบบอันดับ 2 ที่มีแรงภายนอกมากระทำ ..... 14

3.5 แสดงผลของสัญญาณควบคุมพรีวิวในกรณีที่การเคลื่อนที่มีการหักมุม ... 15

3.6 บล็อคไดอะแกรมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก ..... 16

4.1 free body diagram ของระบบขับเคลื่อน ..... 18

4.2 free body diagram ของมวล M ..... 19

4.3 free body diagram ของล้อสายพาน A ..... 20

5.1 การแบ่งจุดตามแนวการเคลื่อนที่ ..... 22

5.2 การแบ่งจุดกรณีที่แนวการเคลื่อนที่เป็นส่วนโค้ง ..... 23

5.3 แสดงการแบ่งจุดกรณีที่แนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ..... 25

5.4 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุม พี.ไอ.ดี.ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก .. 26

5.5 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุม พี.ไอ.ดี.ที่ใช้ในการออกแบบ ... 27

5.6 Bode plot ของระบบ G(S) และระบบควบคุม พี.ไอ.ดี. ..... 29

5.7 Bode Plot ของระบบควบคุมที่ใช้ในการทดลอง ..... 30

5.8 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากแบบจำลองของการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 32

5.9 กราฟแสดงความเร็วที่ได้จากแบบจำลองของการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 33

5.10 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 34

5.11 กราฟแสดงความเร็วที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 35

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.12 ตารางแสดงผลการทดสอบค่าความผิดพลาด
ของตำแหน่งที่ระยะการมองล่วงหน้าค่าต่างๆ ..... 37
5.13 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของโต๊ะตัดแผ่น
เหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s โดยใช้การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี. .. 38
5.14 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของโต๊ะตัดแผ่น
เหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s โดยใช้การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี.พี . 39
5.15 แสดงตำแหน่งของ close-loop pole ใน S-plane ..... 40
6.1A แสดงลักษณะของแนวทางเดินที่เป็นวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้
ในการทดสอบหาค่าความแม่นยำ ..... 43
6.1B แสดงลักษณะของแนวทางเดินที่เป็นเส้นตรงที่มีการหักมุมที่ใช้
ในการทดสอบหาค่าความแม่นยำ ..... 43
6.2A ตารางแสดงผลการทดสอบความแม่นยำ ในการเคลื่อนที่เป็นวงกลม
ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความเร็วตามแนวการตัดต่างๆ ..... 43
6.2B ตารางแสดงผลการทดสอบความแม่นยำ ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
ที่มีการหักมุม 75 องศา ที่ความเร็วตามแนวการตัดค่าต่างๆ ..... 44
6.3 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นวงกลม
ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.005 m/s ..... 45
6.4 กราฟแสดงความเร็วที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นวงกลม
ของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.005 m/s ..... 46
6.5 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงที่มี
การหักมุมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 47
6.6 กราฟแสดงความเร็วที่ได้จากการเคลื่อนที่เส้นตรงที่มี
การหักมุมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ..... 48
6.7 ตารางแสดงผลการทดสอบความแม่นยำในการเคลื่อนที่เป็น
รูปวงกลมที่ภาระและความเร็วตามแนวการเคลื่อนที่ค่าต่างๆ ..... 50
6.8 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะ
ตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.005 m/s ที่มีภาระเพิ่มขึ้น 5 Kg ..... 51

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

6.9 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะ ตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.005 m/s ที่มีภาระเพิ่มขึ้น 10 Kg .... 52

6.10 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะ ตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ที่มีภาระเพิ่มขึ้น 5 Kg ..... 53

6.11 กราฟแสดงตำแหน่งที่ได้จากการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงของโต๊ะ ตัดแผ่นเหล็กที่ความเร็ว 0.015 m/s ที่มีภาระเพิ่มขึ้น 10 Kg .... 54