โปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับแขนกลแบบขนานในตระกูล H-4 กับโต๊ะหมุน รวมเป็น 5 แกน

นายปิยะบุตร งามขมาภรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NC CODE INTERPRETER FOR A 5-AXIS H-4 FAMILY PARALLEL MANIPULATOR WITH A ROLLING TABLE

Mr. Piyaboot Ngamsamaporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511506

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับแขนกลแบบขนาน ในตระกูล H-4 กับโต๊ะหมุน รวมเป็น 5 แกน
โดย	นายปิยะบุตร งามษมาภรณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทร์เจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวุฒิ จันทรานุวัฒน์)

ปิยะบุตร งามยมาภรณ์ : โปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับแขนกลแบบขนานในตระกูล H-4 กับโต๊ะหมุน รวมเป็น 5 แกน (NC CODE INTERPRETER FOR A 5-AXIS H-4 FAMILY PARALLEL MANIPULATOR WITH A ROLLING TABLE)
อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 101 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแปลเอ็นซีโค้ด (NC-Code) แบบ 5 แกน (G-code) ที่สร้างจากโปรแกรม CAD/CAM (Unigraphics NX4) ซึ่งเป็นรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานเครื่องจักรซีเอ็นซีที่พัฒนาขึ้นที่ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม โดยโปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2008 บนระบบปฏิบัติการ Windows XP ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ประมวลผล และโปรแกรมตัวแปลภาษาเพื่อแปลรหัสคำสั่งที่อยู่ในรูปเท็กซ์ไฟล์ (Text file) โดยมีการสร้างเส้นทางเดินแบบเส้นตรง (Linear Interpolation) และควบคุมแขนกล (ปลายหัวกัดของเครื่อง CNC) ที่มีโครงสร้างกลไกแบบขนานในตระกูล H-4 กับโต๊ะหมุนรวมเป็น 5 แกน โดยสื่อสารผ่านการ์ดอินเตอร์เฟสเอนโคเดอร์ และ D/A เพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต ปิยะบุตร งามยมาภรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2551

4770648021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: CNC / G-CODE / INTERPRETER

PIYABOOT NGAMSAMAPORN : NC CODE INTERPRETER FOR A 5 AXIS H-4 FAMILY PARALLEL MANIPULATOR WITH A ROLLING TABLE. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC. PROF. VIBOON SANGVERAPHUNSIRI, Ph.D., 101 pp.

This thesis is to develop a software for converting standard NC-code (G-code) file, generated by Unigraphics NX4 (CAD/CAM software), for controlling a 5-axis milling machine developed in-house. The program is developed using the Microsoft Visual Studio .NET 2008 on Windows XP. The system consists of a personal computer and the software for converting the CNC code in text format file. The software can generate paths with linear interpolation from data points obtained from a NC-code file. The controller module in the software will use the generated paths for controlling the motion of the 4-axis with H4 parallel mechanism plus an 1-axis rolling table via a position encoder counter and D/A interface card.

Department : Mechanical Engineering Student's signature : Piyaboot Ngamsamaporn

Field of study : Mechanical Engineering Principal Advisor's signature : V. Sangveraphunsiri

Academic year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการถ่ายทอดความรู้และคอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดเห็นต่างๆที่มีประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งโอกาสดีๆที่ท่านให้ เพื่อฝึกฝนตัวเองและหาความรู้ทางด้านต่างๆมากมาย พร้อมทั้งคอยสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทร์เจริญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวุฒิ จันทรานุวัฒน์

ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัยนี้ พร้อมกันนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องทุกคนที่ได้ให้ข้อคิดเห็น และกำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ตลอดจนพี่น้อง และเพื่อนๆที่ได้ให้กำลังใจ และสนับสนุนในทุก ๆ ด้านจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ 4

2.2 องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี 5

2.3 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในระบบเอ็นซี 10

2.4 งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้อง 15

3 โครงสร้าง และการออกแบบโปรแกรม 19

3.1 การออกแบบส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด 20

3.2 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) 25

4 การควบคุม 30

4.1 ตัวควบคุม (Controller) 31

4.2 การควบคุมความเร็วตามแนวทางเดิน 35

4.3 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมสร้างเส้นทางเดินแบบเส้นตรง 39

5 การทดสอบโปรแกรมและผลการทดสอบ 42

5.1 การทดลองการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง 43

หน้า

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 80
6.1 สรุปผลการวิจัย 80
6.2 ข้อเสนอแนะ 81
รายการอ้างอิง 82
ภาคผนวก 84
ภาคผนวก ก. อุปกรณ์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 85
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้โปรแกรม 90
ภาคผนวก ค. สมการที่เกี่ยวข้อง 92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 101

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ตัวอย่างเอ็มโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด 7

2.2 ตัวอย่างจีโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด 8

5.1 ผลการทดสอบแปลเอ็นซีโค้ด 42

5.2 สรุปผลการทดลอง 79

ก.1 พอร์ทที่ใช้เชื่อมต่อสัญญาณแอนาลอก 86

ก.2 พอร์ตรับสัญญาณเอนโคเดอร์ 86

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 แผนภูมิโครงสร้างสำหรับงานวิจัย 3

2.1 การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง 11

2.2 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X และY จากจุด Sไปจุด E 13

2.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ด้วยความเร็ว V 14

3.1 แผนภูมิโครงสร้างการรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม 22

3.2 แผนภูมิโครงสร้างการแปลจีโค้ด 24

3.3 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรม 25

3.4 รายละเอียดในเมนูไฟล์ 26

3.5 รายละเอียดในเมนู Edit 27

3.6 รายละเอียดในเมนู View 27

3.7 หน้าจอโปรแกรมส่วนแถบปุ่ม 28

3.8 หน้าจอโปรแกรมส่วนหน้าต่างแสดงโค้ด 29

3.9 หน้าจอโปรแกรมส่วนแถบแสดงสถานะ 29

4.1 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี 32

4.2 แผนภาพการควบคุมแบบ Inverse Dynamics Control กับแขนกล 5 แกน 34

4.3 การแบ่งจุดตามแนวการเคลื่อนที่ 35

4.4 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ด้วยความเร็ว V 36

4.5 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ (ก) ระยะทางกับเวลา (ข) ความเร็วกับเวลา (ค) ความเร่งกับเวลา 38

4.6 กราฟแสดงการเคลื่อนที่แบบไม่มีช่วงความเร็วคงที่ 39

4.7 แผนภูมิโครงสร้างการสร้างเส้นทางเดินการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง 41

5.1 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 30 mm/min 43

5.2 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 30 mm/min 44

5.3 ตำแหน่งตามแนวแกน Y เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 45

5.4 ตำแหน่งตามแนวแกน Z เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 45

ภาพประกอบ หน้า

5.5 มุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 46
5.6 มุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 46
5.7 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน X เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 47
5.8 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Y เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 47
5.9 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Z เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 48
5.10 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 48
5.11 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 49
5.12 ความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 49
5.13 ค่าผิดพลาดทางความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน X แกนเดียว 50
5.14 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Y ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 30 mm/min 51
5.15 ตำแหน่งตามแนวแกน X เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 51
5.16 ตำแหน่งตามแนวแกน Z เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 52
5.17 มุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 52
5.18 มุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 53
5.19 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน X เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 53
5.20 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Y เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 54
5.21 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Z เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 54
5.22 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 55
5.23 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 55
5.24 ความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 56
5.25 ค่าผิดพลาดทางความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Y แกนเดียว 56
5.26 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Z ที่เวลาต่าง ๆ ด้วย F 30 mm/min 57
5.27 ตำแหน่งตามแนวแกน X เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 58
5.28 ตำแหน่งตามแนวแกน Y เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 58
5.29 มุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 59
5.30 มุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 59
5.31 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน X เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 60

ภาพประกอบ หน้า

5.32 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Y เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 60
5.33 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Z เมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 61
5.34 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 61
5.35 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของโต๊ะจับชิ้นงานเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 62
5.36 ความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 62
5.37 ค่าผิดพลาดทางความเร็วปลายแขนกลเมื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวแกน Z แกนเดียว 63
5.38 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 30 mm/min 64
5.39 ตำแหน่งตามแนวแกน X 65
5.40 ตำแหน่งตามแนวแกน Y 65
5.41 ตำแหน่งตามแนวแกน Z 66
5.42 มุมของปลายแขนกล 66
5.43 มุมของโต๊ะจับชิ้นงาน 67
5.44 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน X 67
5.45 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Y 68
5.46 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Z 68
5.47 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของปลายแขนกล 69
5.48 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของโต๊ะจับชิ้นงาน 69
5.49 ความเร็วปลายแขนกล 70
5.50 ค่าผิดพลาดทางความเร็วปลายแขนกล 70
5.51 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 60 mm/min 71
5.52 ตำแหน่งตามแนวแกน X 72
5.53 ตำแหน่งตามแนวแกน Y 72
5.54 ตำแหน่งตามแนวแกน Z 73
5.55 มุมของปลายแขนกล 73
5.56 มุมของโต๊ะจับชิ้นงาน 74
5.57 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน X 74
5.58 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Y 75
5.59 ค่าผิดพลาดทางตำแหน่งตามแนวแกน Z 75
5.60 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของปลายแขนกล 76

ภาพประกอบ หน้า

5.61 ค่าผิดพลาดเชิงมุมของโต๊ะจับชิ้นงาน 76
5.62 ความเร็วปลายแขนกล 77
5.63 ค่าผิดพลาดทางความเร็วปลายแขนกล 77
5.64 ความเร็วเชิงมุมโต๊ะจับชิ้นงาน 78
5.65 ค่าผิดพลาดเชิงมุมโต๊ะจับชิ้นงาน 78
ก.1 แสดงการ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดมุม 85
ก.2 แขนกลแบบขนานในตระกูลเอช 4 88
ก.3 รายละเอียดของแขนกลแบบเอช 4ที่ปรับปรุงใหม่ 89
ข.1 หน้าต่าง Open 90
ข.2 หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการแปลจีโค้ด 91
ค.1 รูปแบบการกำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆของแขนกล 93
ค.2 แนวการเคลื่อนที่ของจุด B 94
ค.3 การตั้งแกนบนโต๊ะจับชิ้นงาน 95
ค.4 การตั้งแกนของปลายแขนกล 96
ค.5 รูปร่างและการตั้งแกนเมื่อมองจากด้านข้างของแขนกล 97
ค.6 รูปร่างและการตั้งแกนเมื่อมองจากด้านบนของแขนกล 97