การพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับตัวควบคุมซีเอ็นซีแบบสถาปัตยกรรมเปิด

นายกฤษณันท์ มะลิทอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1110-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A NC CODE INTERPRETER FOR AN OPEN-ARCHITECTURE CNC CONTROLLER

Mr. Kritsanun Malithong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2004

ISBN 974-53-1110-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับตัวควบคุมซีเอ็นซีแบบสถาปัตยกรรมเปิด
โดย	นายกฤษณันท์ มะลิทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชทิน จันทร์เจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กฤษณันท์ มะลิทอง : การพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซีสำหรับตัวควบคุมซีเอ็นซีแบบสถาปัตยกรรมเปิด (DEVELOPMENT OF A NC CODE INTERPRETER FOR AN OPEN-ARCHITECTURE CNC CONTROLLER) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 97 หน้า. ISBN 974-53-1110-3

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแปลชุดคำสั่งเอ็นซีโค้ด ด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ให้ชื่อโปรแกรมว่า G-Code Interpreter 2004 ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ประมวลผล และควบคุมการทำงานของระบบ โดยสื่อสารผ่านการ์ดอินเตอร์เฟสเอนโคเดอร์ และ D/A เพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดที่ได้พัฒนามาแล้ว โดยชุดคำสั่งจีโค้ดที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ การเคลื่อนที่แบบเร็ว(G00) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง(G01) การเคลื่อนที่ในแนวโค้งตามเข็มนาฬิกา(G02) การเคลื่อนที่ในแนวโค้งทวนเข็มนาฬิกา(G03) การหยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด(G04) ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน(G17–G19) การเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน(G54–G59) และในการอ้างอิงตำแหน่งผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ทั้งในระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ และการอ้างอิงสัมพัทธ์(G90,G91) โดยหน่วยที่ใช้สามารถกำหนดได้ทั้งมาตราอังกฤษ และมาตราเมตริก (G20,G21)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2547

4470207621 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: CNC / G-CODE / INTERPRETER

KRITSANUN MALITHONG : DEVELOPMENT OF A NC CODE INTERPRETER FOR AN OPEN-ARCHITECTURE CNC CONTROLLER. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VIBOON SANGVERAPHUNSIRI, Ph.D., 97 pp. ISBN 974-53-1110-3.

This thesis aims to develop a NC-code interpreter software by using the personal computer. This development system is part of the open architecture CNC controller. It consists of a personal computer, and software for interpret the CNC code, which is used for calculation, and controlling the XYZ table via counter and D/A interface card. The G-Code commands used in this thesis are positioning at rapid feed rate (G00), linear interpolation (G01), clockwise circular interpolation (G02), counterclockwise circular interpolation (G03), Dwell (G04), circular interpolation in the XY, XZ and YZ plane (G17-G19) and work coordinate system selection (G54-G59). Other codes can be implemented easier. This program is compatible with absolute reference as well as increment reference (G90, G91) and can be conducted by using both the English systems and the metric (G20, G21).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Mechanical Engineering Student's signature .....

Field of study Mechanical Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2004 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่มีประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งคอยสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย และขอขอบคุณ เพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องทุกคนที่ได้ให้ข้อคิดเห็น และกำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอขอบใจน้องสาวน้องชาย ที่ได้ให้กำลังใจ และสนับสนุนในทุก ๆ ด้านจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 3

2.1 การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ 3

2.2 องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี 4

2.3 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในระบบเอ็นซี 9

2.4 งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้อง 17

3 โครงสร้าง และการออกแบบโปรแกรม 19

3.1 การออกแบบส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด 20

3.2 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) 25

4 การออกแบบส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 30

4.1 ตัวควบคุม (Controller) 31

4.2 การควบคุมความเร็วตามแนวทางเดิน 34

4.3 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมสร้างเส้นทางเดินแบบเส้นตรง และแบบวงกลม 39

5 การทดสอบโปรแกรมและผลการทดสอบ 43

5.1 การทดลองการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยการแปลจาก G01 43

5.2 การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม 48

หน้า

5.3 การทดสอบแปลเอ็นซีโค้ดที่สร้างจากโปรแกรม CAD/CAM 56
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 69
6.1 สรุปผลการวิจัย 69
6.2 ข้อเสนอแนะ 70
รายการอ้างอิง 71
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ส่วนประกอบของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 73
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้โปรแกรม 76
ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและวงกลม 82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า
2.1 ตัวอย่างเอ็มโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด 6
2.2 ตัวอย่างจีโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
2.1 การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง 10
2.2 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X และY จากจุด Sไปจุด E 12
2.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน Xและ Yด้วยความเร็ว V 13
2.4 เส้นทางเดินแบบวงกลม 14
2.5 รูปแสดงการบ่งจุดสร้างแนวทางเดินแบบวงกลม 15
2.6 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล 16
2.7 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก 17
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 33
4.2 การแบ่งจุดตามแนวการเคลื่อนที่ 34
4.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน Xและ Yด้วยความเร็ว V 35
4.4 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ (ก) ระยะทางกับเวลา (ข) ความเร็วกับเวลา (ค) ความเร่งกับเวลา 37
4.5 กราฟแสดงการเคลื่อนที่แบบไม่มีช่วงความเร็วคงที่ 38
4.6 แผนภูมิโครงสร้างการสร้างเส้นทางเดินการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง 40
4.7 แผนภูมิโครงสร้างการสร้างเส้นทางเดินการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง 42
5.1 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 44
5.2 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 45
5.3 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ด้วยค่าฟีด 600 mm/min 46
5.4 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min 47

ภาพประกอบ หน้า

5.5 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมบนระนาบ XY 48
5.6 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 49
5.7 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย 49
5.8 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมบนระนาบ XZ 50
5.9 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 51
5.10 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด 51
5.11 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม บนระนาบ YZ 52
5.12 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 53
5.13 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด 53
5.14 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม 54
5.15 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 55
5.16 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย 55
5.17 ลักษณะของเส้นโค้งทดสอบ 56
5.18 ลักษณะของเส้นโค้งทดสอบในสองมิติ 57
5.19 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 57
5.20 ลักษณะของเส้นทางเดินวงรีที่ใช้ทดสอบ 58
5.21 ลักษณะของเส้นโค้งวงรีใน 2 มิติ 58
5.22 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นวงรีของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 59
5.23 ลักษณะของเส้นทางเดินแบบเกลียว 60
5.24 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 60
5.25 ลักษณะของเส้นทางเดินในการกัดชิ้นงานให้เป็นหลุม 61
5.26 ลักษณะชิ้นงานหลังจากการกัด 61
5.27 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 62
5.28 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ 63
5.29 ลักษณะของเส้นทางเดินในการกัดผิวหน้าชิ้นงาน 63
5.30 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 64
5.31 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ 65
5.32 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดในการกัด 65
5.33 เส้นทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดในสามมิติ 66

ภาพประกอบ หน้า

5.34 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ด 67
5.35 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ด มุมมองด้านบน 67
5.36 เส้นทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดในสามมิติ 68
ก.1 อุปกรณ์วัดตำแหน่ง 73
ก.2 การ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดมุม 74
ก.3 ชุดขยายกระแสขับมอเตอร์กระแสตรง 74
ก.4 ชุดโต๊ะเอ็กซ์วายแซด 75
ข.1 หน้าต่าง Open 76
ข.2 ความผิดพลาดการเชื่อมต่อการ์ด Counter / DAC 77
ข.3 การเชื่อมต่อการ์ดควบคุม 77
ข.4 การกำหนดจุดอ้างอิงของชิ้นงาน 78
ข.5 หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการแปลจีโค้ด 79
ข.6 หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการตรวจสอบโค้ด 80
ข.7 หน้าต่างโปรแกรมขณะพบโค้ดที่ไม่แปลในโปรแกรม 80
ข.8 หน้าจอโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ 81
ค.1 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 82
ค.2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 83
ค.3 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 83
ค.4 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 84
ค.5 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 84
ค.6 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 85
ค.7 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 85
ค.8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 86
ค.9 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min 86
ค.10 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y, Z ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min 87
ค.11 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min 87
ค.12 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min 88
ค.13 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ 88
ค.14 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 89

ภาพประกอบ หน้า

ค.15 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 89
ค.16 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 90
ค.17 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ 90
ค.18 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 91
ค.19 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 91
ค.20 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 92
ค.21 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ 92
ค.22 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 93
ค.23 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 93
ค.24 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ 94
ค.25 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ 94
ค.26 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 95
ค.27 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 95
ค.28 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ 96
ค.29 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ 96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภาคอุสาหกรรม เครื่องจักรซีเอ็นซี เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่นิยมนำมาใช้ในระบบการผลิต เพราะสามารถทำงานได้รวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งความความสามารถต่างๆ ของเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมการทำงานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดมา ไม่สามารถทำการดัดแปลงระบบควบคุมและอุปกรณ์ภายในได้ หากต้องการเพิ่มความสามารถในการทำงาน ต้องให้บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้พัฒนาโปรแกรมให้เท่านั้น

เนื่องจากในระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีนั้น ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม ซึ่งได้รับการออกแบบมาใช้เฉพาะงาน จึงทำให้มีแนวคิดการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มาควบคุมเครื่องจักรแทน โดยเราสามารถสร้างโปรแกรมขึ้นมาใช้งานเอง สามารถเพิ่ม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ในการใช้งานได้ง่าย ซึ่งในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีความสามารถสูงขึ้น ความเร็วในการทำงานมากขึ้น และแนวโน้มราคาถูกลง การควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจึงเป็นอีกทางเลือก ที่ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนชุดควบคุมการทำงาน

โครงการวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มาควบคุมโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด โดยพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซี ซึ่งเป็นรหัสคำสั่งที่ป้อนให้กับเครื่องจักรซีเอ็นซี แปลงเป็นตำแหน่งที่จะส่งไปควบคุมโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด ให้สามารถเคลื่อนที่เป็นไปตามรหัสเอ็นซี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซี และนำไปใช้ควบคุมเอ็กซ์ วาย แซด โดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ออกแบบและสร้างโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซี แปลงเป็นตำแหน่ง และความเร็วในการเคลื่อนที่ เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมมอเตอร์ทั้ง 3 แกน ของชุดโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาโครงสร้างและรหัสเอ็นซี

2. ออกแบบและสร้างโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซี แปลงเป็นตำแหน่ง และความเร็วในการเคลื่อนที่

3. ทำการออกแบบโปรแกรมชุดควบคุม บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด

4. ทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นโดยการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด

5. วิเคราะห์ สรุปผลการดำเนินงาน และทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถพัฒนาระบบควบคุมโต๊ะเอ็กซ์ วาย แซด โดยการป้อนรหัสเอ็นซี ให้ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี 3 แกน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันระบบการควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Numerical Control) หรือเรานิยมเรียกว่า " ซีเอ็นซี " นั้น ได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำและความสม่ำเสมอของคุณภาพของชิ้นงาน คอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมการทำงานของเครื่อง ช่วยและเพิ่มผลผลิต แม้กระทั่งในสถาบันการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นระดับอุดมศึกษาหรือระดับอาชีวศึกษา ก็ได้ใช้ประโยชน์และบรรจุรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ไว้ในหลักสูตร

ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี การควบคุมการเคลื่อนที่ในระบบเอ็นซี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์

การควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นระบบควบคุมคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม ระบบซีเอ็นซีมีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 5 ส่วนคือ

2.1.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (Part program)

โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซีจะมีลักษณะเป็นแถว โดยในแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC code) ที่เขียนไว้ในรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในแต่ละแถวนี้จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน

2.1.2 ส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (Program input device)

การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นแบบซอฟต์ไวร์ (Soft wire) นั้นจะใช้วิธีการป้อนโปรแกรมเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมการทำงานของครื่อง (MCU) ด้วยสายส่งสัญญาณ (Interface bus) เช่น RS-232-C โดยที่เราไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องอ่านเทปเพื่อแปลรหัสคำสั่งเหมือนกับเครื่องในระบบเอ็นซี

2.1.3 หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (Machine Control Unit)

หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องหรือ MCU มีหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งที่ส่งมาจากส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรม หลังจากนั้นก็จะแปลงเป็นสัญญาณเพื่อไปควบคุมการขับเคลื่อนของเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญๆ คือ ส่วนที่ทำหน้าที่อ่านโปรแกรม (Data Processing Unit : DPU) เช่น เครื่องอ่านเทปกระดาษ เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก หรือ RS-232-C เป็นต้น และส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี (Control Loop Unit : CLU) เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน การเคลื่อนที่ของแนวแกน การเปลี่ยนเครื่องมือตัด การเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น เป็นต้น

2.1.4 ส่วนที่เป็นระบบควบคุมการเคลื่อนที่ (Drive system)

การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ ใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping motor) ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC servo motor) ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC servo motor) และระบบไฮดรอลิก (Hydraulic servo motor)

2.1.5 เครื่องจักรกล (Machine tool)

เครื่องจักรที่ถูกออกแบบมาเพื่อถูกควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีจะมีระบบการควบคุมสองลักษณะ คือแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด หรือการผสมผสานระหว่างแบบวงรอบปิดและแบบวงรอบเปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมแบบวงรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปที่มอเตอร์ ทำให้โต๊ะจับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ วิ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ (Feedback system) ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นได้ทำแล้วหรือยังหรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบวงรอบปิดจะมีการตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับเมื่อโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่โปรแกรมไว้ ก็จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด

2.2 องค์ประกอบและโครงสร้างของโปรแกรมเอ็นซี

2.2.1 องค์ประกอบของโปรแกรม

โปรแกรมเอ็นซี (NC Program) จะมีลักษณะเหมือนโปรมแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยประกอบด้วยหลายบรรทัด ในแต่ละบรรทัดประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ที่ใช้กำหนดหน้าที่การทำงาน

ของเครื่องจักรโดยอาศัยชุดควบคุมเครื่อง ในโปรแกรมเอ็นซีจะใช้รหัสอยู่ 3 ชนิดคือ หมายเลข (Numbers) , ตัวอักษร (Character) และสัญลักษณ์ (Symbols) ซึ่งรหัสเอ็นซี ประกอบด้วย

- ตัวอักษร (Character) ในโปรแกรมเอ็นซีนี้จะใช้ตัวอักษรเพื่อกำหนดลักษณะการทำงานหรือกำหนดเงื่อนไขต่างๆ โดยตำแหน่งของตัวอักษร นี้จะกำหนดไว้ที่ด้านหน้าของแต่ละคำ (Word)
- คำ (Word) หมายถึงกลุ่มของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่กำหนดกันขึ้นเพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขในการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี เช่น

  N10 หมายถึงหมายเลขบรรทัดของโปรแกรม

  G01 หมายถึงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามอัตราป้อน

  X1.0 หมายถึงระยะการเคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X เท่ากับ 10 หน่วย
- บล็อก (Block) หมายถึงการนำจำนวนคำ (Word) หลายๆ คำมาประกอบกันเป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี ยกตัวอย่างเช่น

  N01 G90 G54 G17 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 4 คำ

  N10 T01 M06 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 3 คำ

  N15 G01 X2.0 Y1.5 F7.5 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 5 คำ
- โปรแกรม (Program) หมายถึงการรวมกันของบล็อกหลายๆ บล็อกที่เขียนขึ้นตามลำดับขั้นตอนในการตัดเฉือนชิ้นงานตามที่เรากำหนดไว้ ในโปรแกรมนั้นจะประกอบด้วยคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงาน ตัวอย่างคำสั่งในการทำงาน เช่น คำสั่งเคลื่อนที่เร็ว (G00) คำสั่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01) เป็นต้น ส่วนคำสั่งช่วยในการทำงานนั้นจะประกอบไปด้วยตำแหน่งที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Coordinate) ความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle speed) อัตราป้อน (Feed rate) การชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (Cutter radius compensation) เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วว่าในแต่ละบล็อกประกอบด้วยหลายคำ ในแต่ละคำประกอบด้วยหนึ่งตัวอักษรภาษาอังกฤษหรือเรียกว่า “ โค้ด ” (Code) ซึ่งเป็นคำสั่งให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทำงานในลักษณะที่ต้องการ แล้วตามด้วยตัวเลข (Numbers) สำหรับประกอบการสั่งการหรือการทำงานนั้นๆ โค้ดต่างๆ ที่ใช้ในเอ็นซีโปรแกรม สามารถแยกได้ 3 ประเภท คือ 1. โค้ดคำสั่งการควบคุมโปรแกรม (Program Control Instructions) 2. โค้ดคำสั่งทางเรขาคณิต (Geometric Instructions) 3. โค้ดคำสั่งทางเทคนิค (Technical Instructions)

โดยคำสั่งการควบคุมโปรแกรมเกี่ยวข้องกับการกำหนดลำดับขั้นตอนการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลซีอ็นซี ได้แก่ N ส่วนคำสั่งทางเรขาคณิตเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ

เครื่องจักรเพื่อให้ได้รูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงานที่ต้องการ ได้แก่ G, X, Y, Z, I, J, K เป็นต้น และคำสั่งทางเทคนิคเป็นการควบคุมทางเทคนิคของการทำงานของเครื่องจักร ได้แก่ M, F, S และ T เป็นต้น

2.2.2 จีโค้ด (G Code) และเอ็มโค้ด (M Code)

- เอ็มโค้ด (M Code)

คำสั่งที่เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ต้องใช้ในกระบวนการแมชชีนต่างๆ เช่น การให้สปินเดิลหมุนในทิศที่ต้องการ การเปลี่ยนทูล การใช้น้ำหล่อเย็น การหยุดสปินเดิล และการหยุดโปรแกรม เป็นต้น โดยคำสั่งเหล่านี้กำหนดให้ใช้เป็น โค้ดเอ็ม

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างเอ็มโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด[8]

M-Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
M00	หยุดโปรแกรมชั่วคราว แล้วจะทำงานต่อเมื่อกดสวิทซ์สั่ง
M01	หยุดโปรแกรมเมื่อต้องการ (Optional stop) โดยเมื่อจะให้หยุดต้องกดปุ่ม Optional stop ที่ แผงควบคุมของคอนโทรลเลอร์
M03 M04	ให้สปินเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกา ให้สปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หยุดหมุนสปินเดิล
M06	สลับเปลี่ยนทูล
M07 M08	เปิดให้น้ำหล่อเย็น (Coolant 2) ให้ไหลเป็นละออง (Mist) เปิดให้น้ำหล่อเย็น (Coolant 1) ให้ไหลท่วมทูล (Flood)
M09	ปิดการไหลของน้ำหล่อเย็น
M13 M14	ให้สปินเดิลหมุนตามเข็มนาฬิกาและเปิดให้น้ำหล่อเย็น ให้สปินเดิลหมุนทวนเข็มนาฬิกาและเปิดให้น้ำหล่อเย็น
M30	จบโปรแกรมแล้วกลับไปบล็อกแรกหรือที่เริ่มต้นโปรแกรม

- จีโค้ด (G Code)

เป็นคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์สั่งการให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทำการแมชชีนให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการ

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างจีโค้ดพื้นฐานของเครื่องกลึงและเครื่องกัด[8]

G-Code พื้นฐาน	
โค้ด	คำสั่ง
G00	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งด้วยความเร็วฟีดสูงสุด โดยไม่โดนชิ้นงาน หรือวิ่ง “แรพพิด” (Rapid)
G01	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงลึกเข้าไปในชิ้นงานด้วยความเร็วฟีดที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งวงกลมลึกเข้าไปในชิ้นงานด้วยความเร็วฟีดที่กำหนดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งวงกลมลึกเข้าไปในชิ้นงานด้วยความเร็วฟีดที่กำหนดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04	หยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด หรือ ดะเวลล์ (Dwell)
G17	ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน ระนาบ XY
G18	ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน ระนาบ XZ
G19	ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน ระนาบ YZ
G20/G70 G21/G71	ระบบอ้างอิงหน่วยของระยะการเคลื่อนที่เป็น นิ้ว (Inch Unit) ระบบอ้างอิงหน่วยของระยะการเคลื่อนที่เป็น มิลลิเมตร (Metric Unit)
G80 G81 – G83	ยกเลิกไซเคิล (Cycle) ต่างๆ ไซเคิลการเจาะรู (Drilling cycle) ต่างๆ
G84 G85 – G88	ไซเคิลการทำเกลียว ไซเคิลการคว้านรู (Boring cycle) ต่างๆ
G90 G91	ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute) ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมพัทธ์ (Incremental)
G94 G95	ให้ค่าฟีดเป็น มิลลิเมตรต่อนาที (mm/min)หรือ นิ้วต่อนาที (inch/min) ให้ค่าฟีดเป็น มิลลิเมตรต่อรอบ (mm/rev)หรือ นิ้วต่อรอบ (inch/rev)
G98 -99	ไม่ได้ใช้ใน ISO6983 และRS-274D

นอกจากการแบ่งจีโค้ดตามความหมายของคำสั่งแล้ว ยังสามารถแบ่งจีโค้ดในอีก 2 ลักษณะ คือ จีโค้ดที่แสดงผลในหนึ่งบล็อก (One-shot G code) เช่น G04 และจีโค้ดที่แสดงผลจนกว่าจะมีโค้ดในกลุ่มเดียวกันปรากฏ หรือจีโค้ดนั้นถูกยกเลิก (Modal G code) เช่นโค้ดกลุ่มคำสั่งการเคลื่อนที่ (G00-G03) เป็นต้น

2.1.3 โค้ดอื่นๆ ในคำ (Word)

โค้ดในแต่ละคำ นอกเหนือจาก G-Code และ M-Code แล้วยังประกอบด้วยโค้ดอื่นๆ อีก 7 ประเภท คือ 1. เลขที่บล็อก (เลขบรรทัด) : N 2. ตำแหน่ง หรือระยะทางความยาว : X, Y และ Z 3. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลม : I, J และ K 4. ความเร็วสปินเดิลและความเร็วตัด : S และ V 5. ความเร็วฟีด : F 6. เลขที่ทูล : T 7. อื่นๆ : B, D และ O เป็นต้น

- เลขที่บล็อก (Block Number, Sequence Number) : N

เลขที่บล็อกหรือลำดับคำสั่งต่างๆ จะเริ่มด้วยตัวอักษร N ตามด้วยตัวเลข (0 ถึง 9) จำนวนตัวเลขอาจมีเพียง 3 ตัว (3 หลัก) หรือสูงสุด 999 บล็อก (N001 ถึง N999) ซึ่งใช้ในคอนโทรลเลอร์ยุคแรกๆ เนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในยุคนั้นมีหน่วยความจำน้อย ในปัจจุบันเลขที่บล็อกในคอนโทรลเลอร์สามารถกำหนดได้ถึง 5 หลักหรือมากกว่า ทำให้สามารถรับโปรแกรมขนาดใหญ่ของชิ้นงานที่ซับซ้อนที่ทำจากซอฟท์แวร์ CAD/CAM ได้ การกำหนดเลขที่บล็อกสามารถเริ่มจากเลข 1, 2, 3, 4 …. หรือเพิ่มไปยังบล็อกถัดไปครั้งละหนึ่ง ซึ่งมีข้อเสีย คือ ทำให้ลำบากต่อการแก้ไขโปรแกรมโดยเฉพาะในการแทรกบล็อก ดังนั้นลำดับที่ใช้จึงนิยมให้เพิ่มครั้งละ 5 หรือเพิ่มครั้งละ 10

ในคอนโทรลเลอร์บางรุ่น เลขที่บล็อกไม่จำเป็นต้องกำหนดให้ทุกๆ บรรทัดแต่จะกำหนดเฉพาะ บล็อกที่ใช้อ้างอิงถึงในโปรแกรมย่อย (Subprogram) ดังนั้นจึงควรศึกษาคู่มือการโปรแกรมของแต่ละคอนโทรลเลอร์และของแต่ละรุ่น

- ตำแหน่ง หรือ ระยะทาง (Dimension) : X Y Z

การเคลื่อนที่ของทูลจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังตำแหน่งที่ต้องการในแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้งวงกลม (Arc) สามารถระบุได้โดยใช้ ตัวเลข (0 ถึง 9) ตามท้ายแกน X, Y และZ โดยมีเครื่องหมาย บวก (+) และ ลบ (-) นำหน้าตัวเลขเพื่อบอกทิศทางตามแกนนั้นๆ โค้ดที่ต้องกำหนดค่า X, Y และZ ได้แก่ G00, G01, G02 และ G03 เป็นต้น

คอนโทรลเลอร์ ส่วนมากสามารถป้อนตัวเลขได้ 4 หลัก และจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง ดังนั้น ถ้าใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.) ในกรณีนี้ ค่าต่ำสุดที่เคลื่อนที่ได้ (Resolution) คือ 0.001 ม.ม. ในกรณีหน่วยเป็น นิ้ว จุดทศนิยมที่ใช้จะมี 4 ตำแหน่ง หรือโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้ระยะทางต่ำสุดได้ครั้งละ 0.0001 นิ้ว

คอนโทรลเลอร์ของบางบริษัทจะไม่ใช้จุดทศนิยมแทรก เช่น ในกรณีที่ใช้หน่วยเมตริก เป็นมิลลิเมตร เมื่อต้องการให้เคลื่อนที่ไปในแนวแกน X เป็นระยะ 425.22 ม.ม. และ Y เป็นระยะ –78.936 ม.ม. ดังนั้นเวิร์ดที่ต้องป้อนสำหรับคอนโทรลเลอร์ที่ไม่ใช้จุดทศนิยม คือ X 425220 Y –78936 สำหรับในคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้ถ้าป้อนเป็น X 42522 (ไม่มีเลขศูนย์ตามท้าย) จะทำให้ระยะทางเป็น 42.522 ม.ม. ซึ่งไม่ถูกต้อง ดังนั้นคอนโทรลเลอร์ประเภทนี้จึงจำเป็นต้องป้อนตัวเลขให้ครบทุกหลัก

- ตำแหน่งจุศูนย์กลางของวงกลม : I J K

ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมและของส่วนโค้งของวงกลม (Arc) ใช้โคออร์ดิเนต I, J, และK การบอกตำแหน่งใช้ตัวเลขตามท้ายโคออร์ดิเนต ดังเช่น โคออร์ดิเนต I เป็นแกนที่ขนานกับแกน X, J ขนานกับแกน Y และK ขนานกับแกน Z จีโค้ดที่ใช้คือ G02 และG03

- ความเร็วสปินเดิล (Spindle speed) : S

ความเร็วสปินเดิล คือความเร็วรอบของสปินเดิล ใช้ตัวอักษร S ตามด้วยตัวเลข เช่น S1500 หมายถึงให้ความเร็วสปินเดิลเป็น 1500 รอบต่อนาที ความเร็วสปินเดิลจะนิยมเรียกสั้นๆ ว่า “สปีด” (Speed)

ความเร็วตัด (Cutting Speed) หรือความเร็วผิว (Surface Speed) ใช้แทนการกำหนดความเร็วสปินเดิลในงานกลึง การกำหนดเงื่อนไขหารตัดด้วยความเร็วตัดคงที่ (G96) จะทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของเล็บมีดหรือมีดตัดของเครื่องกลึง ค่าความเร็วตัดสามารถป้อนโดยใช้โค้ด V เช่นG96 V225 หมายถึงให้ความเร็วตัดคงที่ ที่ 225 ม./นาที ดังนั้นเมื่อกลึงในตำแหน่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อย เครื่องกลึงจะปรับให้ความเร็วสปินเดิลสูง และเมื่อกลึงในตำแหน่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมาก จะปรับให้ความเร็วสปินเดิลต่ำ เพื่อรักษาความเร็วตัดให้คงที่ งานประเภทการเจาะและคว้านจะไม่ใช้ G96

- ความเร็วฟีด (Feed rate) : F

ความเร็วฟีด คือความเร็วของการเคลื่อนที่ของทูลในขณะแมชชีนชิ้นงาน หรือเคลื่อนที่ลึกลงไปในชิ้นงานเพื่อกัดหรือกลึงเอาเนื้อชิ้นงานออก หน่วยของความเร็วฟีด สามารถกำหนดได้เป็น มม./ นาที (mm/min) หรือ นิ้ว/ นาที (inch/min) สำหรับการกัดและการเจาะคำสั่งที่ใช้คือ G54 และมม./รอบ (mm/rev) หรือ นิ้ว/รอบ (inch/rev) สำหรับการกลึง คำสั่งที่ใช้คือ G95

- เลขที่ทูล : T

เลขที่ทูล สำหรับการเลือกใช้ทูลในเครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ และเครื่องกลึงซีเอ็นซี ใช้ตัวอักษร T ตามด้วยตัวเลข โดยทั่วไปใช้ร่วมกับโค้ดการเปลี่ยนทูล (M06)

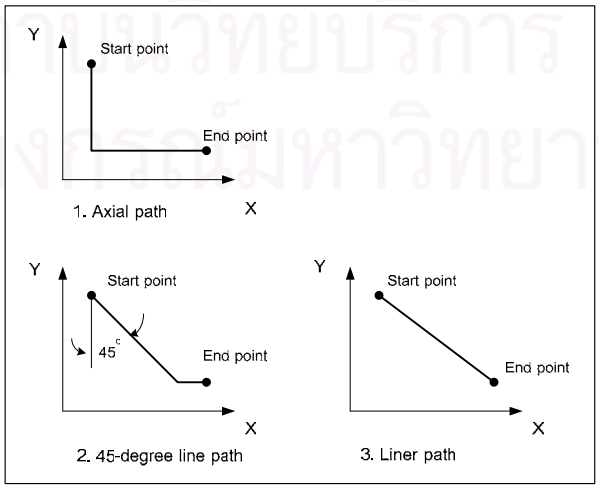
2.3 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในระบบเอ็นซี

การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในระบบเอ็นซีแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง (Point to Point) และการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Continuous Path)

2.3.1 การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง (Point to Point)

ระบบควบคุมแบบนี้จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุดสองจุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) โดยที่เครื่องมือจะไม่สัมผัสชิ้นงาน เช่น เคลื่อนที่เพื่อทำการเจาะรู ในการเคลื่อนที่อาจเลือกเดินไปในเส้นทางใดก็ได้ใน 3 เส้นทาง แล้วแต่การควบคุม

- ทางเดินแนวแกน (Axial Path) เครื่องมือเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากขนานกับแกนหลัก ทั้ง 2 แกน แกน X และ Y ในการควบคุมชนิดนี้ ตัวควบคุมจะกำหนดให้เครื่องมือเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนใดแกนหนึ่งก่อนจึงเคลื่อนที่ไปในแนวของอีกแกนหนึ่ง ทำให้เคลื่อนที่ช้าที่สุด แต่ระบบควบคุมไม่ซับซ้อน
- ทางเดินแนวเส้น 45 องศา เครื่องมือจะเคลื่อนตัวทำมุม 45 องศา จนถึงอีกจุดตัดหนึ่ง แล้วจึงเคลื่อนที่ต่อไปตามแนวของแกนที่ขนานอยู่จนถึงจุดสิ้นสุด ทางเดินแบบนี้เป็นแบบที่พบเห็นได้บ่อยที่สุดในการควบคุมแบบจุดต่อจุด
- ทางเดินเส้นตรง ในระบบควบคุมชนิดนี้ตัวควบคุมมีความสามารถที่จะตั้งค่าการเคลื่อนที่ในแกน X และ Y ให้เป็นไปพร้อมกัน เพื่อให้เกิดจุดตัดที่จะทำให้เกิดแนวเดินที่เป็นเส้นตรงขึ้น วิธีนี้ทำให้ได้เส้นทางที่เร็วที่สุดระหว่างจุดสองจุด แต่วิธีนี้ต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อนเพื่อสร้างความเร็วในการกำหนดจุดของแต่ละแกนเพื่อรักษาเส้นตรงไว้



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง

งานปกติของระบบควบคุมแบบจุดต่อจุด คือ การเจาะ การคว้าน รีมมิ่ง การตัดเกลียว และการเจาะรูโลหะแผ่น การปฏิบัติงานมักจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนต่อไปนี้

- ปรับตำแหน่ง เครื่องมือเคลื่อนที่ไปตามแกนสู่ศูนย์กลางของตำแหน่งที่ต้องการเจาะรูโดยไม่มีการปฏิบัติงานใดๆ เพียงเคลื่อนไปสู่ตำแหน่งที่ถูกต้องเท่านั้น

- เครื่องจักรทำงาน การทำงานของเครื่องจักรมักเกิดที่แกน Z โดยการทำงานดำเนินไปตามความเร็วของเพลา อัตราป้อน และความลึกที่กำหนด

- การถอยกลับ เมื่อเครื่องมือทำการเจาะถึงความลึกที่ต้องการแล้ว เครื่องมือจะถอนตัวกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น

- ซ้ำรอบการทำงาน เมื่อเจาะตำแหน่งที่หนึ่งเสร็จเครื่องมือจะเลื่อนสู่ตำแหน่งใหม่และทำงานตามลำดับขั้นตอนเดิมจนงานเสร็จสมบูรณ์

2.3.2 การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Continuous Path)

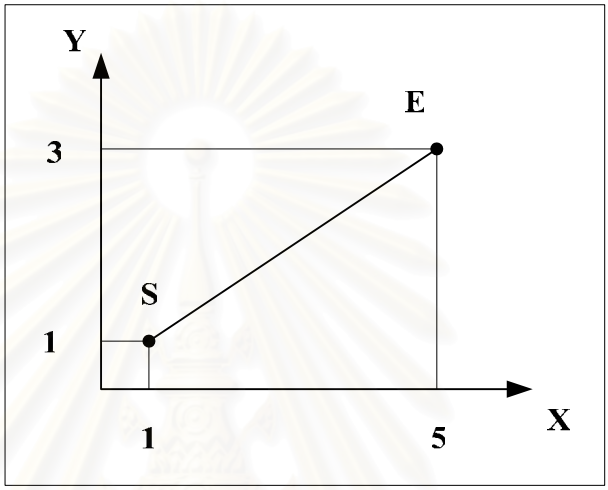
ระบบควบคุมแบบต่อเนื่อง หรือระบบการเดินตามเส้นขอบ ระบบการเดินตามเส้นขอบ (Contouring System) เป็นการเคลื่อนที่ในหลายแนวแกนพร้อมกันซึ่งจะมีเงื่อนไขของทางเดิน เช่น เส้นตรงหรือเส้นโค้ง ระบบนี้สามารถที่จะควบคุมการขับมอเตอร์โดยอิสระจากกันด้วยความเร็วต่างกัน ในเส้นทางที่กำหนดจนกว่าจะถึงจุดที่กำหนด โดยการหมุนแกนทั้ง 2 แกนหรือมากกว่านั้นไปพร้อมๆ กัน ระบบเส้นรอบรูปจะมีความซับซ้อนมากกว่าจุดต่อจุด เพราะว่าแต่ละแกนของการเคลื่อนที่ ต้องการตำแหน่ง และความเร็วต่างกัน ระบบการเดินตามเส้นขอบนั้นสามารถที่จะสร้างเส้นทางเดินให้เครื่องมือเคลื่อนที่ได้ในรูปร่างต่างๆ ทั้ง 2 แกน 3 แกน บางระบบมี 4 หรือ 5 แกน ซึ่งคอนทัวริ่ง (Contouring) ตามนิยามของเส้นทางเดินของเครื่องมือ คือ วิถีตามเส้นทางที่ระบบสร้างชุดของจุดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งของพิกัดที่กำหนดมาให้

เส้นทางเดินซีเอ็นซี (CNC Interpolation) ตัวกำหนดเส้นทางเดินของเครื่องมือ คือ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคหรือ โปรแกรมซอฟแวร์ ที่มาหน้าที่ 2 อย่างคือ คำนวณความเร็วของเครื่องมือตามแนวแกนของแต่ละแกน ตามที่ให้อัตราป้อนมาและสร้างพิกัดตามเส้นทางเดินของโปรแกรม ทางเดินของเครื่องมือสามารถจำแนกได้ 5 แบบ คือ เส้นตรง เส้นโค้ง เกลียว (Helical) พาราโบลา และลูกบาศก์ เครื่องซีเอ็นซีส่วนใหญ่จะใช้ทางเดินแบบเส้นตรงและเส้นโค้ง

- เส้นทางเดินแบบเส้นตรง (Linear Interpolation)

เส้นทางเดินแบบเส้นตรง เครื่องมือจะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายเป็นเส้นตรง เส้นทางเดินแบบเส้นตรงต้องการตัวแปร 3 ตัว คือ จุดเริ่มต้น จุดสุดท้าย และความเร็ว

สำหรับการเคลื่อนที่ในลักษณะของ 2 แนวแกน เส้นทางเดินแบบเส้นตรงจะคำนวณความเร็วในรูปของพัลซ์ต่อวินาทีสำหรับแกน X และ Y ในแต่ละแนวแกนจะมีอัตราส่วนความเร็วของแกน X และ Y เท่ากับอัตราส่วนของระยะทางแบบต่อเนื่อง $\frac{dx}{dy}$ ตัวอย่างเช่น เส้นตรงระหว่างจุด S และ E



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X และY จากจุด S ไปจุด E

จากรูปที่ 2.2 ระยะทางแบบต่อเนื่องตามแนวแกน X และ Y คือ 4 และ 2 หน่วย ดังนั้นการเคลื่อนที่จะพร้อมกัน และหยุดที่จุด 4 และ 2 พัลซ์ (หรืออัตรา 2 : 1) เพื่อควบคุมลูปของแกน X และ Y

ในการเคลื่อนที่แบบ 3 แกน จะคำณวนระยะทางแบบต่อเนื่อง dx, dy และ dz ตาม X,Y และ Z จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย มี 3 ระยะทางแบบต่อเนื่องเข้ามาเกี่ยวข้อง และกลายเป็นการป้อนตำแหน่งโดยตรงในลูปควบคุม และอัตราส่วนนี้จะสร้างคำสั่งความเร็วของทั้ง 3 แกน พิจารณาที่ตัวอย่าง เพื่อที่จะเคลื่อนที่จากจุด S ถึง E ระยะทางแบบต่อเนื่องสำหรับตำแหน่งควบคุมคือ

$$dx = 4-1 = 3$$

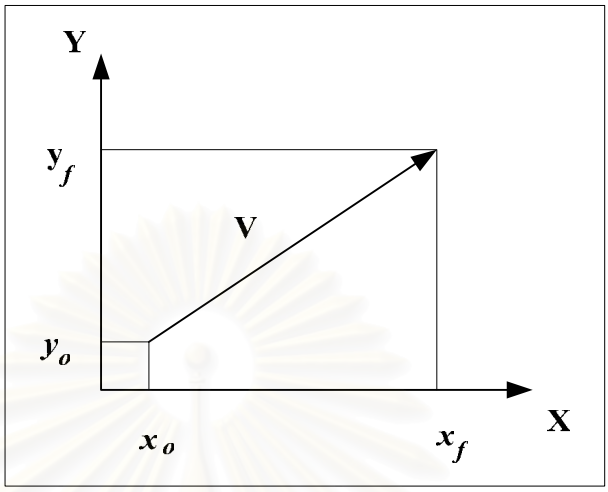
$$dy = 4-2 = 2$$

$$dz = 9-3 = 6$$

และอัตราสำหรับควบคุมความเร็ว คือ

$$Vx:Vy:Vz = dx:dy:dz = 3:2:6$$

การสร้างคำสั่งทางเดินของชุดเคลื่อนที่ จำเป็นต้องควบคุมความเร็วให้คงที่ในขณะที่เคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนด วิธีการสร้างโดยใช้ความเร็วคงที่จะแบ่งระยะทางที่เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยระยะทางที่มีขนาดเท่าๆกันหลายจุดต่อกัน



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน Xและ Yด้วยความเร็ว V

ในกรณีที่ต้องการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แกน หรือเส้นทางที่เคลื่อนที่มีลักษณะไม่ขนานกับแกนใดแกนหนึ่ง เราสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 2.3 กำหนดให้เส้นทางการเคลื่อนที่เริ่มจากจุด x_0, y_0 เคลื่อนไปด้วยความเร็ว Vเป็นเส้นตรงไปยังจุด x_f, y_f เมื่อ T คือ อัตราสุ่มเวลา สามารถหาจำนวนจุดในการเคลื่อนที่ได้ดังนี้

$$N = \frac{\left[(x_f - x_0)^2 + (y_f - y_0)^2\right]^{1/2}}{VT} \tag{2.1}$$

จะได้ระยะเคลื่อนที่แต่ละช่วงเวลาการสุ่ม หรือแต่ละจุดดังนี้

$$\Delta x = \frac{(x_f - x_0)}{N} \tag{2.2}$$

$$\Delta y = \frac{(y_f - y_0)}{N} \tag{2.3}$$

ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนที่

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x \tag{2.4}$$

$$y_n = y_{n-1} + \Delta y \tag{2.5}$$

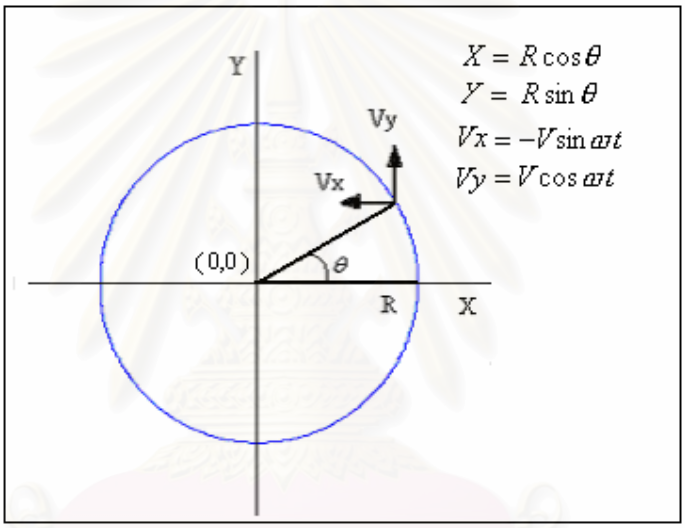
ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ตามทางเดินมีความเร็วคงที่ตามที่กำหนดไว้ตลอดระยะทาง

- เส้นทางแบบวงกลม (Circular interpolation)

เส้นทางแบบวงกลม เกิดจากการขยายการแตกของเส้นตรงที่ต่อกันเพื่อให้ได้ความละเอียดสูง ตัวกำหนดเส้นทางเดินจะคำนวณ ความเร็วของแกน Vx และ Vy และสร้างลำดับ

ของพัลซ์อ้างอิงของแต่ละการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน จำนวนสะสมของพัลซ์ จะแสดงตำแหน่งของแกน และความถี่ของพัลซ์ จะแสดงความเร็วของแกน

ข้อดีของเส้นทางแบบวงกลม คือสามารถสร้างเส้นโค้งในโปรแกรมเพียงแค่บรรทัดเดียว มันอาจจะต้องการเป็นล้านคำสั่ง หรือมากกว่านั้นสำหรับเส้นทางเดินแบบเส้นตรงในบางระบบควบคุมของระบบเอ็นซี เส้นทางแบบวงกลมจะถูกจำกัดอยู่ที่ 90 องศา ของเส้นโค้งในแต่ละบรรทัด ดังนั้นเราจะต้องใช้โปรแกรมทั้งหมด 5 บรรทัด ถ้าเราต้องการวงกลมที่สมบูรณ์ แต่ซีเอ็นซีสมัยใหม่จะใช้โปรแกรมเพียงบรรทัดเดียว



รูปที่ 2.4 เส้นทางเดินแบบวงกลม

เส้นโค้งในรูปที่ 2.4 แสดงหลักการของเส้นทางแบบวงกลมซึ่งศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่ง (0,0) ซึ่งง่ายที่จะคำนวณ เส้นโค้งนี้ต้องพอดีกับสมการ $X^2 + Y^2 = R^2$ ซึ่ง R คือรัศมีจุดพิกัดของแต่ละจุดบนเส้นโค้งสามารถหาโดย

$$X = R\cos\theta \tag{2.6}$$

$$\theta = \omega t \tag{2.7}$$

ความเร็วแกนสามารถหาโดย ค่าอนุพันธ์ของ 2 สมการ

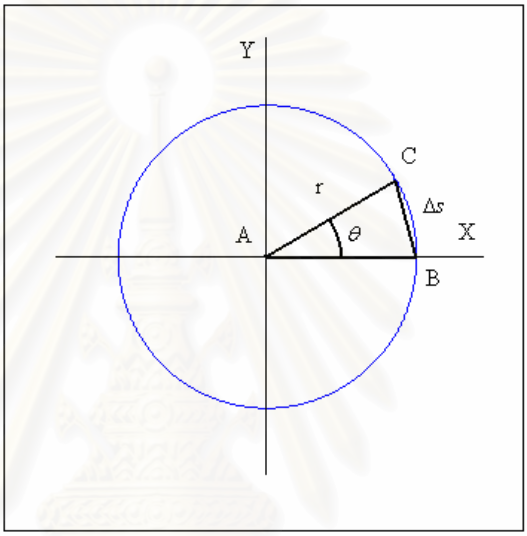
$$Vx = \frac{dx}{dt} = -R\omega\sin(\omega t) = -V\sin(\omega t) \tag{2.8}$$

$$Vy = \frac{dy}{dt} = R\omega\cos(\omega t) = V\cos(\omega t) \tag{2.9}$$

สังเกตที่ V เท่ากับ $R\omega$ ซึ่งเป็นอัตราความเร็วตามส่วนโค้ง ความเร็วนี้สามารถใช้รูปแบบโค้งอื่นที่ง่ายต่อการเปลี่ยนสัญลักษณ์ เส้นทางแบบวงกลมจะถูกจำกัดอยู่แค่ 2 ระนาบ

เท่านั้น ข้อมูลที่ต้องการสำหรับโปรแกรมเส้นทางแบบวงกลม ประกอบด้วย พิกัดของจุดเริ่มต้น พิกัดของจุดสุดท้าย รัศมีของส่วนโค้ง และทิศทางที่เครื่องมือจะเคลื่อนที่ไป

การสร้างคำสั่งทางเดินแบบวงกลมเป็นรูปแบบหนึ่งของแนวทางเดินที่ถูกนำมาใช้ ทางเดินรูปแบบนี้จะเหมาะสมกับวัตถุที่มีรูปร่างแบบทรงกลมหรือมีความโค้งใกล้เคียงกับทรงกลม ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้การสร้างแนวทางเดินแบบวงกลมคือ จุดศูนย์กลางของวงกลม และรัศมี



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการบ่งจุดสร้างแนวทางเดินแบบวงกลม

พิจารณารูปที่ 2.5 เป็นการแบ่งส่วนของวงกลมให้เป็นเส้นตรงที่มีขนาดเล็กๆ มาต่อกัน แต่ละส่วนให้มีขนาด Δs เพื่อให้ได้ความเร็วตามกำหนดในช่วงเวลาการสุ่ม จากรูปสามเหลี่ยม ABC

$$AB = AC = r \tag{2.10}$$

$$BC = \Delta s \tag{2.11}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{2AB \cdot AC - BC^2}{2AB \cdot AC}\right) \tag{2.12}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{2r^2 - \Delta s^2}{2r^2}\right) \tag{2.13}$$

สามารถนำค่า θ ไปคำนวณจุดอ้างอิงตามแนวแกนX ,Y ที่เวลาในการสุ่มครั้งที่ n ได้ดังสมการ

$$x(n) = r \cdot \cos(\theta n) + x_0 \tag{2.14}$$

$$y(n) = r \cdot \sin(\theta n) + y_0 \tag{2.15}$$

โดยที่ x(n) คือ ตำแหน่งตามแนวแกน x ที่เวลาการสุ่มครั้งที่ n

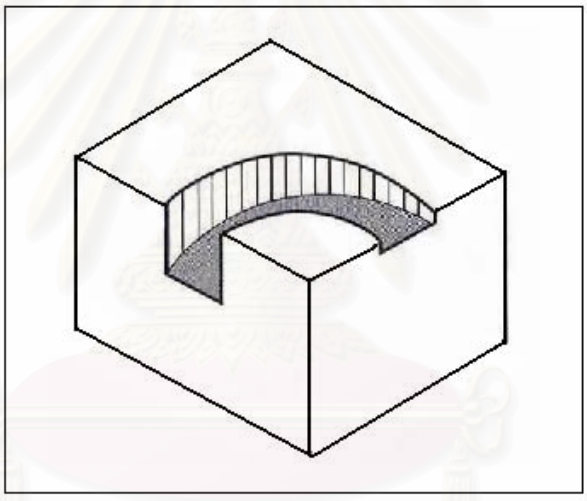
y(n) คือ ตำแหน่งตามแนวแกน y ที่เวลาการสุ่มครั้งที่ n

x_0 คือ จุดศูนย์กลางของวงกลมตามแนวแกน x

y_0 คือ จุดศูนย์กลางของวงกลมตามแนวแกน y

- การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (Helical interpolation)

การเคลื่อนที่แบบนี้จะเป็นลักษณะของการผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 2 แกน และการเคลื่อนทีในแนวเส้นตรงอีกหนึ่งแกน การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลนี้จะใช้ในงานกัดเกลียวในและกัดเกลียวนอกที่มีขนาดใหญ่ ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลแสดงดังรูปที่ 2.6

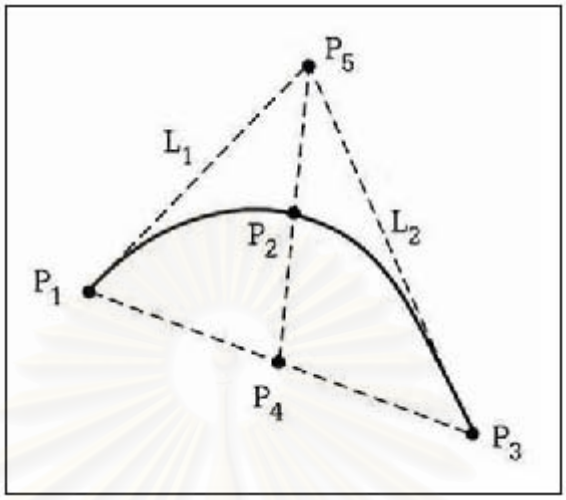


รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล

- การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (parabolic interpolation)

การเคลื่อนที่แบบนี้จะกำหนดโดยใช้จุดที่ไม่อยู่ในแนวเส้นเดียวกัน 3 จุด ซึ่งมีลักษณะเป็นฟรีฟอร์มเคิร์ฟ (free-form curves) ในรูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของเส้นโค้งพาราโบลิกที่กำหนดจุด 3 จุด ซึ่งประกอบด้วย P_1, P_2, P_3 โดยที่ P_1 และ P_3 คือจุดปลายของเส้น ส่วน P_2 คือจุดศูนย์กลางที่อยู่ระหว่าง P_4 และ P_5 ส่วน P_4 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P_1 และ P_3 เส้นตรง L_1 และ L_2 คือเส้นที่ใช้ในการสร้างส่วนโค้งพาราโบลิก

การเคลื่อนที่แบบพาราดบลิกนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์



รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก

- การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (cubic interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้เราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ทุกรูปแบบ โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้กับเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำจากโลหะแผ่น เช่น ตัวถังรถยนต์ ฝาครอบเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.4 งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ธเนศ เรื่องธุระกิจ (2538) [9]

โครงการวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาถึงการนำทฤษฎีการควบคุมแบบดิจิตอล มาใช้กับโต๊ะเคลื่อนที่ในระบบคาทีเซี่ยนและใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม โดยเพิ่มส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด และมีอุปกรณ์วัดแบบเลเซอร์ที่มีความละเอียดสูง เพื่อทำการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงานโดยใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่สร้างขึ้นในแบบต่างๆ ด้วยความเร็วที่กำหนด การเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด จะควบคุมระยะห่างระหว่างหัววัดกับผิวของชิ้นงานให้คงที่ ซึ่งทำให้ได้ตำแหน่งของชิ้นงานในลักษณะ 3 มิติ ข้อมูลสามารถนำไปสร้างชิ้นงานที่มีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกันได้

2.4.2 วันชัย ธีรพัฒน์พร (2538) [10]

โครงการวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างของรหัสภาษาเอชพีจีแอล ซึ่งได้มาจากการกำหนดขนาดแบบร่างต่างๆ ลงบนโปรแกรมสำเร็จรูปออโต้แคด แล้วสั่งข้อมูลออกทางแฟ้มข้อมูลการพิมพ์ (Plot to file) ซึ่งลักษณะโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลที่ได้นั้น จะมีรูปแบบโครงสร้างตามหลักเกณฑ์ของโครงสร้างรหัสภาษาเอชพีจีแอล แล้วนำมาผ่านการถอดรหัส โดยโปรแกรมถอดรหัสเอชพีจีแอลที่จัดทำขึ้น เพื่อแปลงรหัสเอชพีจีแอลมาเป็นพิกัดตำแหน่งอ้างอิง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซดต่อไป

2.4.3 ณวัชร์ พงศ์พานิช (2542) [11]

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่แสดงการจำลองการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซีบนคอมพิวเตอร์ โปรแกรมถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของตัวแปลภาษา โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือส่วนรับข้อมูลจากผู้ใช้ ส่วนตรวจสอบไวยากรณ์ของชุดคำสั่ง และส่วนแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ และโปรแกรมได้รับการออกแบบโดยพิจารณาให้มีระบบช่วยเหลือเพื่อช่วยให้ผู้ใช้ที่เริ่มใช้โปรแกรมสามารถใช้โปรแกรมและเขียนชุดคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว

2.4.4 Dong-Il Kim; Sungkwun Kim(1996) [1]

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำตัวควบคุมพีไอดีมาใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งต้องการความแม่นยำ และความแม่นตรง ว่าสามารถทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการ กับเส้นทางการเคลื่อนที่เคลื่อนที่จริงมีค่าความผิดพลาดลู่เข้าหาศูนย์หรือไม่ ในข้อจำกัดว่าไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของระบบ และมีสิ่งรบกวนที่ไม่ทราบรูปแบบเข้ามารบกวน

2.4.5 Masood, T.; Mubashar, A.; Jawad Khan, M.A.(2002) [2]

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบโปรแกมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนการจำลองการทำงานแบบ 2 มิติ และส่วนที่ใช้ติดต่อกับเครื่องซีเอ็นซี ซึ่งความสามารถของโปรแกรมคือจะมีการสร้างเส้นทางเดินซีเอ็นซี 2 แบบ คือเส้นทางเดินแบบเส้นตรง และเส้นทางเดินแบบวงกลม แสดงภาพภาพการเคลื่อนที่ในขณะทำงานจริง วงจรทางการควบคุมใช้วงจรไม่ยุ่งยาก และส่งผ่านข้อมูลทางพอร์ตขนาน

2.4.6 Eun-Chan Park; Hyuk Lim; Chong-Ho Choi(2003) [3]

เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งของโต๊ะเอ็กซ์วายในขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบกลับทิศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบกลับทิศนี้จะมีผลกับแรงเสียดทานและทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงทำการทดลองโดยเพิ่มการชดเชยความเสียดทานที่เกิดขึ้นก่อนการเคลื่อนที่

บทที่ 3

โครงสร้าง และการออกแบบโปรแกรม

สำหรับโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ จีโค้ดอินเตอร์พริเตอร์ 2004 (G-Code Interpreter 2004) โดยโปรแกรมพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2003 บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 2000 โดยเน้นที่การใช้งานที่ง่าย สะดวก เข้าใจได้ง่ายตามลักษณะของโปรแกรมทั่วไปในระบบปฏิบัติการนี้ และในการเลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2003 ในการพัฒนาโปรแกรมเนื่องจากโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2003 เป็นโปรแกรมที่

- มีการทำงานในลักษณะของการโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) ทำให้สะดวกในการเขียนโปรแกรม และทำความเข้าใจกับ source code
- ใช้พัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้งานง่ายและแพร่หลายกว่าระบบปฏิบัติการอื่น
- มีเครื่องมือต่างๆในการพัฒนาโปรแกรมให้ใช้เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถใช้เวลาส่วนใหญ่กับการพัฒนาส่วนที่เป็นแกนหลักของโปรแกรม
- สามารถสร้างไฟล์โปรแกรมได้เป็นไฟล์เดียวโดยไม่ต้องมีไฟล์อื่นประกอบ ทำให้ง่ายในการติดตั้งเพื่อให้ใช้งาน และลดความผิดพลาดจากการติดตั้งไฟล์ไม่ครบด้วย
- มีระบบช่วยเหลือที่ดี และเพียงพอต่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมเป็นลักษณะตัวแปลภาษา (Interpreter) โดยจะอ่านชุดรหัสคำสั่งทีละบรรทัด ทำการเก็บค่าคำสั่ง และค่าตัวแปรของคำสั่ง แล้วนำค่าเหล่านั้นไปใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่หรือใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ในการออกแบบผู้วิจัยได้แบ่งส่วนประกอบของโปรแกรมออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1 ส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด ในส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจีโค้ด จากแฟ้มข้อมูลแบบ Text แล้วทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบรหัสคำสั่งที่พร้อมนำใช้ควบคุม

2 ส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ในส่วนนี้มีหน้าที่ทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด เมื่อสั่งให้ทำงานจะทำการควบคุมตำแหน่งของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดตลอดเวลา จะหยุดทำงานเมื่อสั่งให้หยุดทำงาน

3 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เป็นส่วนที่ผู้ใช้ติดต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นผ่านทางหน้าจอโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4 ส่วนการจัดการการดำเนินงาน เป็นส่วนที่ประสานการติดต่อระหว่างส่วนติดต่อกับผู้ใช้กับส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด และส่วนการควบคุม

3.1 การออกแบบส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด

จากรูปแบบคำสั่งของจีโค้ด ที่ได้จากแฟ้มข้อมูลแบบ Text สามารถจำแนกกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นชุดคำสั่ง (Command) และกลุ่มที่เป็นพารามิเตอร์ (Parameter) ที่ตามหลังชุดคำสั่ง ทั้งกลุ่มที่เป็นชุดคำสั่ง และกลุ่มที่เป็นพารามิเตอร์จะประกอบไปด้วยตัวอักษร (Key) แล้วตามด้วยค่าที่เป็นตัวเลข (Value) โดยตัวอักษรจะแสดงชนิดของชุดคำสั่งหรือชนิดของพารามิเตอร์ ส่วนค่าที่เป็นตัวเลขจะเป็นตัวกำหนดค่าของชุดคำสั่งที่ใช้ หรือเป็นค่าของพารามิเตอร์

ในการแปลงคำสั่งจีโค้ด จากแฟ้มข้อมูลแบบ Text จะทำการอ่านชุดของตัวอักษรเข้ามาเพื่อแปลงทีละบรรทัด จากนั้นจะเปรียบเทียบตัวอักษรทีละตัวในบรรทัดนั้นว่าเป็น Command key, Command value, Parameter key หรือ Parameter value โดยที่

1. Command key จะเป็นกลุ่มของตัวอักษร G, M และ N
2. Parameter key จะเป็นกลุ่มตัวอักษร X, Y, Z, F, I, J, K, P, R, S และ T
3. Command value จะเป็นตัวเลขที่ตามหลัง Command key
4. Parameter value ก็จะเป็นตัวเลขที่ตามหลัง Parameter key

ดังนั้นเมื่อแปลงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลแบบ Text แล้วจะได้เป็น 2 กลุ่ม คือ Command object ซึ่งประกอบไปด้วย Command key, Command value และกลุ่มของ Parameter object ซึ่ง Parameter object แต่ละตัวก็จะประกอบไปด้วย Parameter key และ Parameter value เมื่อ Parser ทำการแปลงข้อมูลที่อ่านเข้ามาในแต่ละบรรทัดเสร็จแล้ว จะส่ง Command object ที่ได้ทั้งหมดจากการแปลงในบรรทัดนั้นไปยังส่วนควบคุมเพื่อใช้ควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด แล้วจึงทำการแปลงในบรรทัดต่อไป

จากแนวคิดข้างต้นเราจะนำมาสร้างเป็นโปรแกรมโดยใช้ภาษา C++ โดยจะสร้างเป็นคลาสขึ้นมา 4 คลาส (Class) ได้แก่ Parser class, Actuator Class, Command class และ Parameter class โดยแต่ละ คลาสจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป

Parser class จะทำหน้าที่รับชื่อของแฟ้มข้อมูลแบบ Text ที่ต้องการจะแปลง แล้วอ่านข้อมูลเข้ามาทีละบรรทัด จากนั้นแปลงข้อมูลที่อ่านเข้ามาให้อยู่ในรูปของชุดคำสั่ง (Command object) แล้วทำการจับคู่ (Map) คำสั่ง กับฟังก์ชันการทำงานของ Actuator object

Actuator class จะเป็น class ต้นแบบสำหรับสร้าง Actuator object ซึ่งมีหน้าที่รับชุดคำสั่งที่อยู่ในรูป Command object ที่ได้จากการแปลงเรียบร้อยแล้ว ไปควบคุมส่วนเครื่องจักร (Hardware) หรือส่วนจำลองการเคลื่อนที่ต่อไป ในส่วนของ Command class และ Parameter class จะทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของ Command object และ Parameter object ตามลำดับ

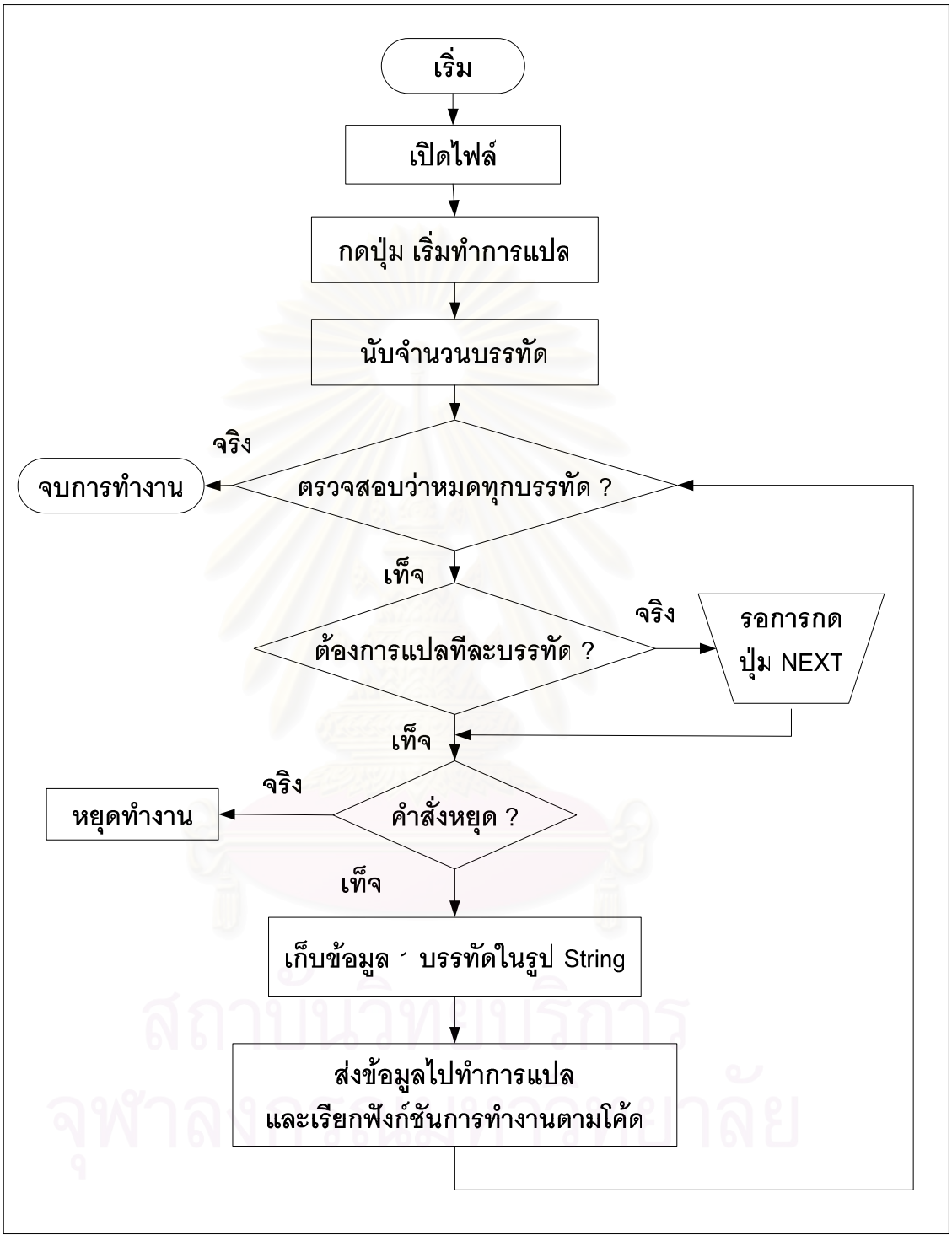
3.1.1 การรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม

การรับข้อมูลเริ่มจากการเปิดไฟล์ชนิดเท็กไฟล์ (*.txt) เข้ามามาในโปรแกรม เมื่อมีการกดปุ่ม Step หรือกดปุ่ม Continuous ซึ่งเป็นปุ่มคำสั่งให้เริ่มการแปล โปรแกรมจะทำการนับว่าในไฟล์ข้อมูลมีอยู่กี่บรรทัด เพื่อนำค่าจำนวนบรรทัดไปใช้ในการอ้างอิงว่าทำการแปลข้อมูลเสร็จสิ้นทุกบรรทัดหรือยัง

จากนั้นจะเข้าสู่ลูปการทำงาน โดยเริ่มจากการตรวจสอบว่าตำแหน่งของบรรทัดนี้ มีค่าน้อยกว่าจำนวนบรรทัดทั้งหมดที่มีอยู่ในไฟล์หรือไม่ หากค่ายังน้อยกว่าแสดงว่ายังไม่ใช่บรรทัดสุดท้ายของข้อมูลให้ทำการแปลต่อไป

ขั้นต่อมาจะมีการตรวจสอบว่าผู้ใช้งานต้องการวิธีการแปลเป็นแบบใด โดยแบบแรก หากผู้ใช้กดปุ่ม Step จะเป็นการแปลทีละบรรทัดแล้วหยุดรอคำสั่ง คือเมื่อมีการแปลและ ส่งคำสั่งให้โต๊ะเอ็กซ์วายแซดทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะรอจนกว่าผู้ใช้จะกดปุ่ม Next จึงจะทำการแปลบรรทัดต่อไป แบบที่สอง หากผู้ใช้กดปุ่ม Continuous จะเป็นการแปลอย่างต่อเนื่องทีละบรรทัด คือเมื่อมีการแปลและ ส่งคำสั่งให้โต๊ะเอ็กซ์วายแซดทำงาน ในหนึ่งบรรทัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการแปลบรรทัดต่อไปทันที

จากนั้นเป็นการตรวจสอบว่ามีการกดปุ่ม Stop ให้หยุดการทำงานหรือไม่ หลังจากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลบรรทัดนั้นในรูป String แล้วส่งข้อมูลไปทำการแปล รอจนกระทั่งมีส่วนที่ทำการแปล ส่งสัญญาณว่าทำงานเสร็จแล้วจึงวนกลับ ไปทำซ้ำลูปการทำงานใหม่จนกระทั่งบรรทัดสุดท้ายจึงจบการทำงาน ดังรูปที่ 3.2 แผนภูมิโครงสร้างการรับข้อมูล



รูปที่ 3.1 แผนภูมิโครงสร้างการรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม

3.2.2 การแปลข้อมูล

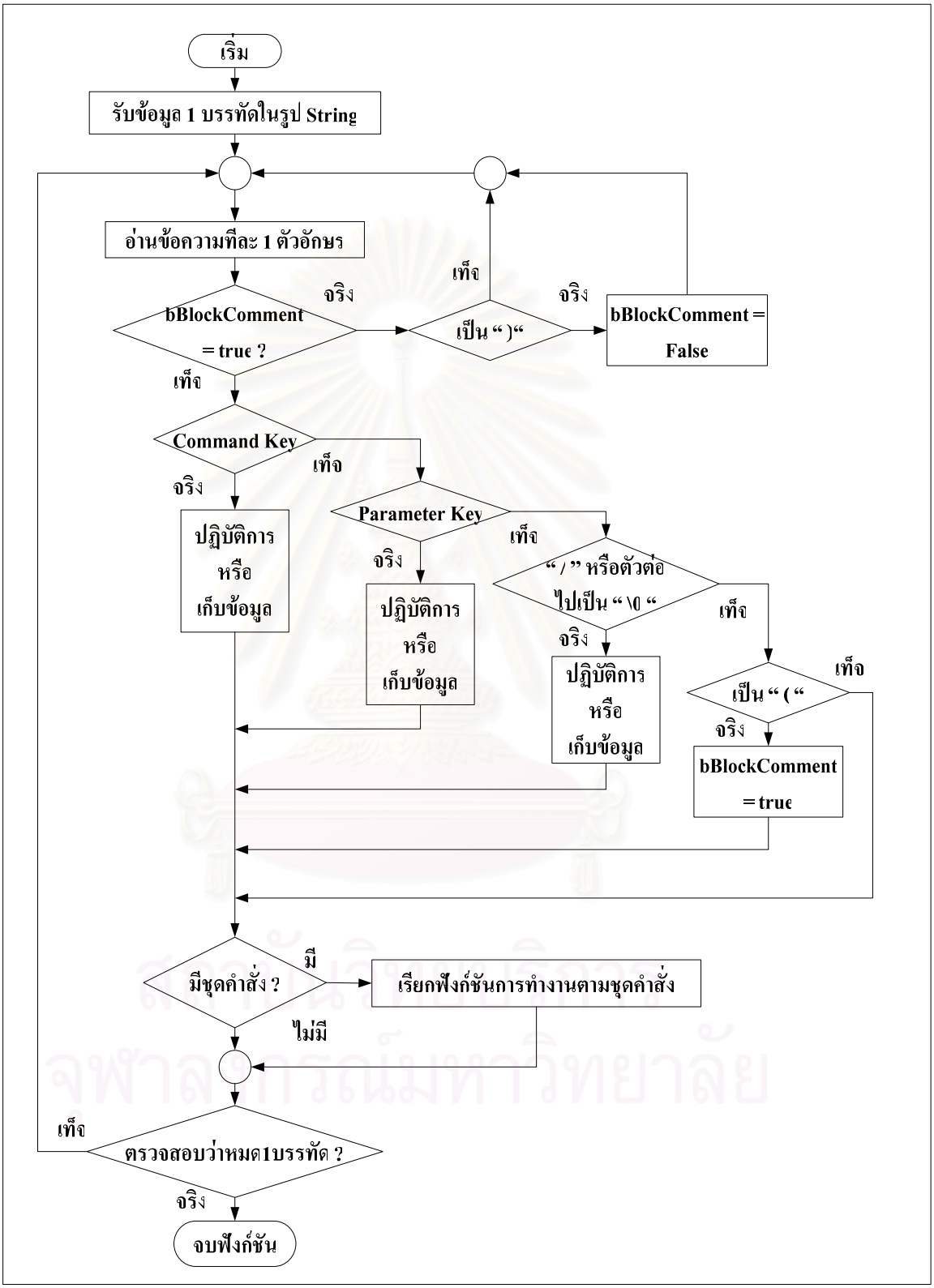
เมื่อรับข้อความมาทีละ 1 บรรทัดแล้ว จะทำการรับค่าตัวอักษรทีละ 1 ตัวอักษร จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าตัวอักษรนั้นอยู่ภายในเครื่องหมายวงเล็บหรือไหม โดยเครื่องหมายวงเล็บจะเป็นส่วนที่แสดงว่าจะไม่มีการแปลโค้ดในส่วนนั้น (Block comment) หากอยู่ในส่วนที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บค่าของตัวแปร bBlockComment จะเป็น true ก็จะมีการตรวจสอบต่อไปว่าตัวอักษรนั้นเป็นเครื่องหมายวงเล็บปิด “) ” หรือไหม หากยังก็จะกลับไปรับตัวอักษรตัวใหม่ แล้วกลับมาตรวจสอบอีกจนกว่าจะออกจากส่วนที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บ

ในส่วนต่อมา จะตรวจสอบว่าตัวอักษรนั้นอยู่ในกลุ่มใด ใน 4 กลุ่ม ดังนี้

1. Command key จะเป็นกลุ่มของตัวอักษร G, M และ N
2. Parameter key จะเป็นกลุ่มตัวอักษร X, Y, Z, F, I, J, K, P, R, S และ T
3. เครื่องหมาย “ / ” (Block skip) หรือเครื่องหมาย“ \0 “ (NULL)
4. เครื่องหมายวงเล็บเปิด

ในกลุ่มที่1 Command key จะเป็นตัวอักษรที่แสดงถึงชนิดของคำสั่ง กลุ่มที่ 2 Parameter key เป็นตัวอักษรที่แสดงถึงตัวแปรที่เป็นรายละเอียดของคำสั่ง กลุ่มที่ 3 เครื่องหมาย “ / ” (Block skip) แสดงว่าจะไม่มีการแปลในบรรทัดนั้น และเครื่องหมาย“ \0 “ (NULL) ซึ่งเป็นตัวสุดท้ายของข้อมูล 1 บรรทัด แสดงถึงการหมดบรรทัด กลุ่มที่ 4 เครื่องหมายวงเล็บเปิด แสดงถึงการจุดเริ่มต้นส่วนที่จะไม่มีการแปลโค้ด (Block comment) โดยในแต่ละกลุ่มจะมีการปฏิบัติการ และการเก็บค่าของข้อมูลแตกต่างกันออกไป

จากนั้นจะตรวจสอบว่า มีชุดคำสั่งอยู่หรือไหม หากมีการสร้างชุดคำสั่งแล้ว ก็จะเรียกไปยังฟังก์ชันการทำงานเพื่อทำงานตามชุดคำสั่งนั้น เมื่อทำงานตามชุดคำสั่งเสร็จแล้ว ก็จะกลับไปตรวจสอบว่าข้อมูลหมดบรรทัดหรือไหม แต่ถ้าไม่มีการสร้างชุดคำสั่งไว้ จะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลหมดบรรทัดหรือไหมทันที หากหมดบรรทัดแล้ว ก็จะจบฟังก์ชัน และกลับไปรับข้อมูลบรรทัดใหม่เข้ามาทำการแปล หากยังไม่หมดบรรทัดก็จะกลับไปรับตัวอักษรตัวถัดมา มาทำการแปลต่อไป ดังรูปที่ 3.2



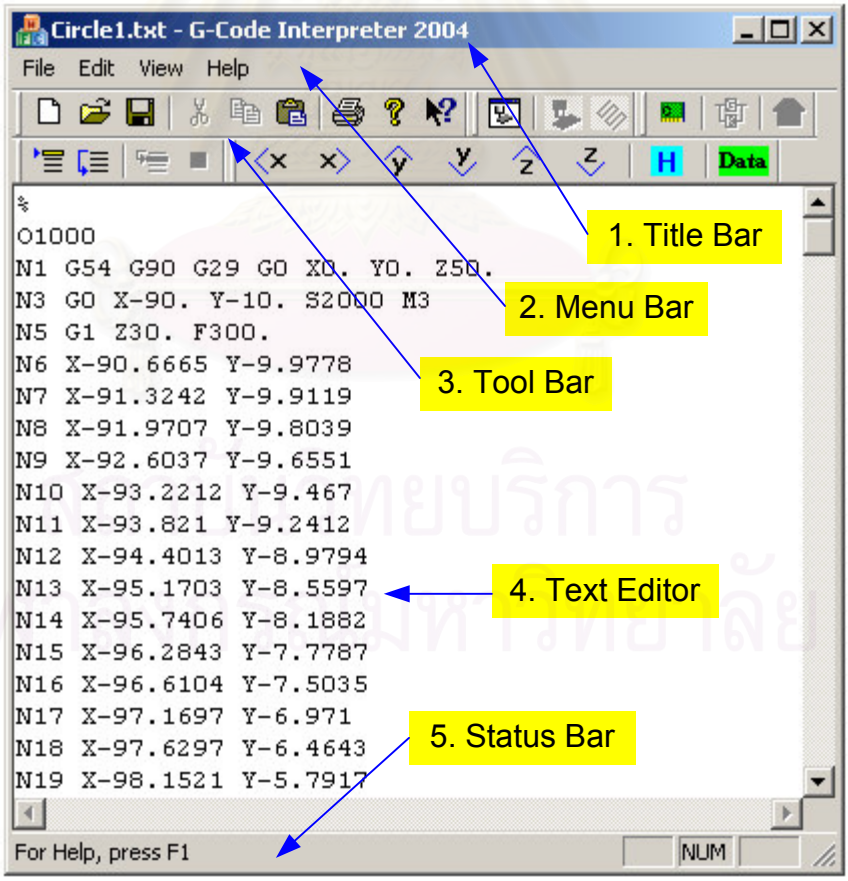
รูปที่ 3.2 แผนภูมิโครงสร้างการแปลจีโค้ด

3.2 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ในส่วนนี้จะแนะนำส่วนของหน้าจอโปรแกรม คำสั่งและปุ่มการทำงานต่าง ในส่วนของวิธีการใช้โปรแกมจะอธิบายรายละเอียดในส่วนภาคผนวก ข

หน้าจอโปรแกรมแบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ

1. ส่วนแสดงชื่อโปรแกรมและชื่อไฟล์ที่กำลังทำงาน (Title Bar)
2. แถบเมนูควบคุมการทำงานของโปรแกรม (Menu Bar)
3. แถบปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม (Tool Bar)
4. หน้าต่างเพื่อแสดงและทำการแก้ไขข้อมูลจีโค้ด (Text Editor)
5. แถบแสดงสถานะต่างๆ (Status Bar)

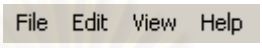


รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของหน้าจอโปรแกรม

3.2.1 ส่วนแสดงชื่อโปรแกรมและชื่อไฟล์ที่กำลังทำงาน (Title Bar)

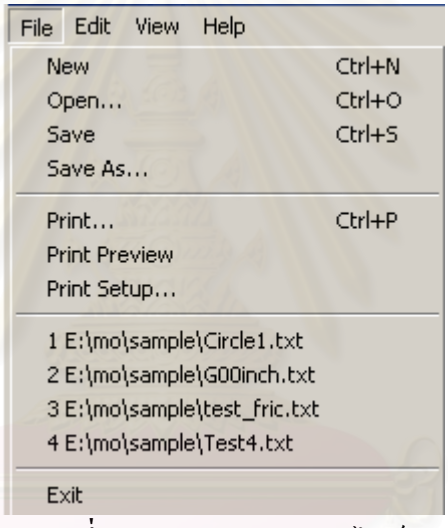
เป็นส่วนที่แสดงชื่อไฟล์ที่กำลังทำงาน และชื่อโปรแกรม โดยชื่อไฟล์ที่กำลังทำงานอยู่ตามด้วยชื่อโปรแกรม ซึ่งขั้นด้วยเครื่องหมาย “ - ”

3.2.2 แถบเมนูควบคุมการทำงานของโปรแกรม (Menu Bar)

ประกอบด้วยเมนูหลักดังรูป 

โดยเมนู File ทำหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการเกี่ยวกับไฟล์ข้อมูล Edit จัดการเกี่ยวกับการแก้ไขข้อความ View จัดการเกี่ยวกับการแสดงแถบทูล และไดอะลอก และHelp ระบบช่วยเหลือ

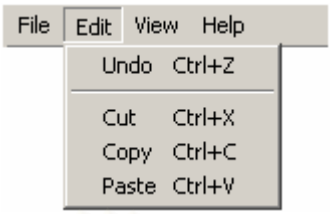
- รายละเอียดในเมนูไฟล์



รูปที่ 3.4 รายละเอียดในเมนูไฟล์

เมนู	การทำงาน
New	สร้างไฟล์ G-Code ใหม่
Open	เปิดไฟล์ G-Code เดิม
Save	บันทึกการเปลี่ยนแปลงไฟล์ G-Code
Save as	บันทึกการเปลี่ยนแปลงไฟล์ G-Code เป็นชื่อใหม่
Print	พิมพ์ไฟล์ G-Code ออกทางเครื่องพิมพ์
Print Preview	แสดงตัวอย่างการพิมพ์
Print Setup	ตั้งค่าเครื่องพิมพ์
Exit	ออกจากโปรแกรม

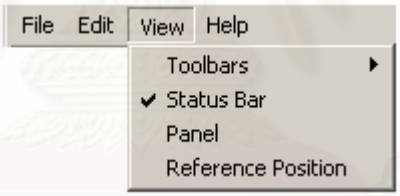
- รายละเอียดในเมนู Edit



รูปที่ 3.5 รายละเอียดในเมนู Edit

เมนู	การทำงาน
Undo	ยกเลิกการแก้ไขครั้งหลังสุด
Cut	ตัดข้อความที่เลือกออก
Copy	คัดลอกข้อความที่เลือก
paste	วางข้อความที่คัดลอก

- รายละเอียดในเมนู View

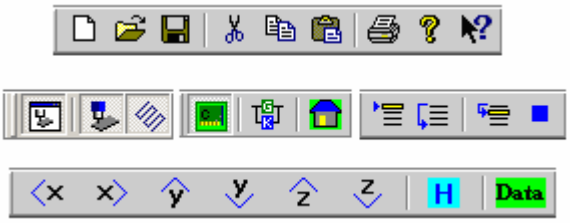


รูปที่ 3.6 รายละเอียดในเมนู View

เมนู	การทำงาน
Toolbars	เปิด/ปิดทูลบาร์ที่ต้องการ
Status bar	เปิด/ปิดสเตตัสบาร์
Panal	เปิด/ปิดจอแสดงผล
Referance Position	เปิด/ปิดไดอะลอกการชดเชยโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน

3.2.3 แถบปุ่มควบคุมการทำงานของโปรแกรม (Tool Bar)

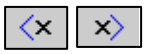
เป็นแถบปุ่มสำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรม โดยสร้างปุ่มสำหรับการทำงานที่เกิดขึ้นบ่อย เพื่อให้การทำงานสามารถกระทำได้สะดวก ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 หน้าจอโปรแกรมส่วนแถบปุ่ม

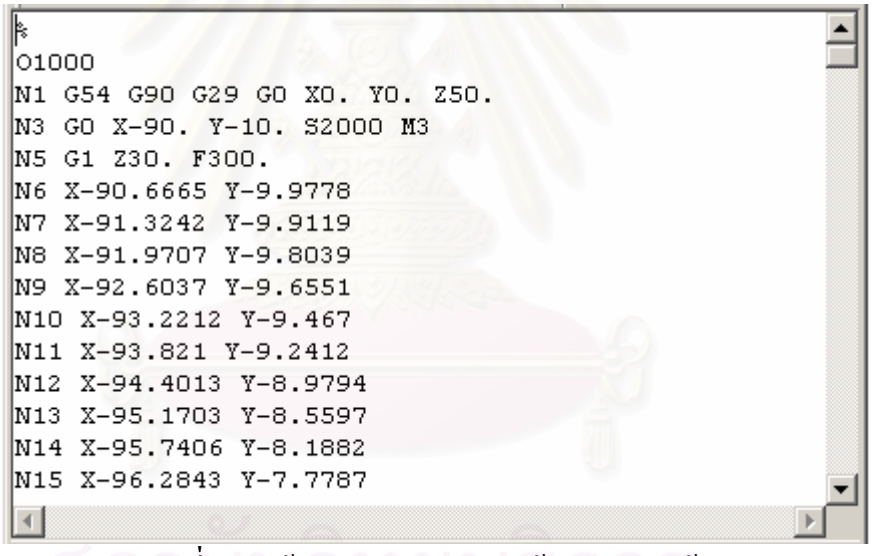
ปุ่ม	การทำงาน
(New)	สร้างไฟล์ G-Code ใหม่
(Open)	เปิดไฟล์ G-Code เดิม
(Save)	บันทึกการเปลี่ยนแปลงไฟล์ G-Code
(Cut)	ตัดข้อความที่เลือกออก
(Copy)	คัดลอกข้อความที่เลือก
(Paste)	วางข้อความที่คัดลอก
(Print)	พิมพ์ไฟล์ G-Code ออกทางเครื่องพิมพ์
(Help)	ระบบช่วยเหลือ

ปุ่ม	การทำงาน
(Connect)	เชื่อมต่อการ์ด Counter / DAC
(Start Control)	เริ่มการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด
(Set Home)	กำหนดตำแหน่งอ้างอิงของเครื่องจักร
(Step)	แปลจีโค้ดทีละบรรทัด แล้วหยุดรอการกดปุ่มคำสั่ง Next
(Continuous)	แปลจีโค้ดทีละบรรทัด ทำอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดรอคำสั่ง Next
(Next)	แปลจีโค้ดทีละบรรทัดต่อไป แล้วหยุดรอการกดปุ่มคำสั่ง Next
(Stop)	หยุดแปลจีโค้ด
(Simulation)	จำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด
(Show Machine)	แสดงเครื่องจักรในจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด
(Show Path)	แสดงเส้นทางเดินในการจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

ปุ่ม	การทำงาน
	เคลื่อนที่ในโหมด Jog ในแกน X
	เคลื่อนที่ในโหมด Jog ในแกน Y
	เคลื่อนที่ในโหมด Jog ในแกน Z
(Home)	เคลื่อนที่กลับมาอยู่ในตำแหน่ง Home
(Save Data)	เก็บค่าตำแหน่งและความเร็วในไฟล์

3.2.4 หน้าต่างเพื่อแสดงและทำการแก้ไขข้อมูลจีโค้ด (Text Editor)

เป็นส่วนที่แสดงจีโค้ด คล้ายกับการใช้โปรแกรม Notepad สามารถทำการแก้ไขโค้ด พิมพ์หรือลบโค้ดที่ไม่ต้องการได้ สามารถใช้คำสั่งคัดลอก ตัด วางข้อความ ในการแก้ไขโค้ด



รูปที่ 3.8 หน้าจอโปรแกรมส่วนหน้าต่างแสดงโค้ด

3.2.5 แถบแสดงสถานะต่างๆ (Status Bar)

แถบแสดงสถานะซึ่งอยู่ด้านล่างของหน้าต่างโปรแกรม จะแสดงข้อความอธิบายสั้นๆ เมื่อนำเมาส์ (mouse) ชี้ที่แถบปุ่ม หรือแถบปุ่ม

รูปที่ 3.9 หน้าจอโปรแกรมส่วนแถบแสดงสถานะ

บทที่ 4

การออกแบบส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

หลังจากผ่านขั้นตอนการแปลจนสามารถสร้างเป็นชุดคำสั่ง (Command object) และเรียกมาที่ฟังก์ชันการทำงานตามชุดคำสั่งที่ได้ โดยฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ เช่น G00 G01จะต้องมีการสร้างแนวเส้นทางเดิน และควบคุมให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามแนวเส้นทางเดินนั้น ซึ่งในบทนี้จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับตัวควบคุมที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ การสร้างเส้นแนวทางเดิน และขั้นตอนการสร้างเส้นทางเดินแบบเส้นตรง และแบบวงกลม (Linear & Circular Interpolation)

โปรแกรมส่วนการควบคุม ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา และส่วนตัวควบคุม

ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา ในการทำงานของตัวควบคุมจะต้องทำงานด้วยความถี่คงที่ตามสัญญาณนาฬิกา ซึ่งปกติวินโดว์จะมีส่วนคำสั่งเรียกกลับตามเวลา (Time Callback Function) ที่จะทำการเรียกไปยังฟังก์ชันที่ต้องการตามคาบเวลาที่กำหนด แต่เนื่องจากความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ต้องการใช้ในการควบคุมมีความถี่สูงกว่าที่คำสั่งมาตรฐานทำได้ ดังนั้นจึงต้องสร้างตัวนับเวลาขึ้นมาเอง โดยสร้างให้วนรอบคำนวณเวลาจากผลต่างของจำนวนการเคาะสัญญาณของ CPU กับความถี่ของ CPU เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดก็จะทำการแจ้งไปยังส่วนตัวควบคุมเพื่อให้ตัวควบคุมทำงานในส่วนการควบคุมอุปกรณ์ต่อไป และเนื่องจากบนส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาทำงานบนส่วนการทำงาน (Thread) ที่แยกต่างหากจากส่วนการทำงานหลัก ดังนั้นเมื่อทำการแจ้งไปยังส่วนตัวควบคุมแล้วส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาจะทำการนับเวลาต่อทันทีโดยไม่รอให้ส่วนควบคุมทำงานจนเสร็จทำให้สามารถนับเวลาได้ช่วงเวลาคงที่ ในการเขียนโปรแกรมส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาจะสร้างเป็นวัตถุ (Object) จากคลาส (Class) CControlThread ซึ่งสืบทอดมาจาก CWinThread อีกทีหนึ่งเพื่อให้ทำงานบน Thread ที่แยกจาก ส่วนการทำงานหลักนั่นเอง

ส่วนการควบคุม เป็นส่วนควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยจะต้องทำหน้าที่ติดต่อกับ Counter Card, D/A Card และทำการควบคุมอุปกรณ์ด้วยตัวควบคุมแบบ PID ซึ่งจะทำงานเมื่อรับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา โปรแกรมส่วนตัวควบคุมจะสร้างเป็นวัตถุจากคลาส CControlManager โดยเมื่อต้องการให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใดก็จะเรียกไปยัง

ฟังก์ชัน SetDestPos() แล้วกำหนดเป็นพิกัดสัมบูรณ์ (Absolute position) หรือเรียกฟังก์ชัน IncreaseDestPos() โดยกำหนดเป็นค่าพิกัดสัมพัทธ์ (Relative position) จากนั้นเมื่อได้รับสัญญาณนาฬิกาก็จะทำการคำนวณเพื่อควบคุมอุปกรณ์โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการอ่านค่าตำแหน่งที่ต้องการจะเคลื่อนที่ไปถึง
2. อ่านค่าตำแหน่งปัจจุบัน และความเร็วปัจจุบัน
3. คำนวณหาค่าผิดพลาดทางตำแหน่งจากผลต่างของพิกัดที่ต้องการเคลื่อนที่ไปถึงกับพิกัดของตำแหน่งปัจจุบัน
4. คำนวณหาทอร์กที่จะใช้ขับมอเตอร์จากการควบคุม PID
5. ควบคุมมอเตอร์จากทอร์กที่คำนวณได้ โดยส่งค่าความต่างศักย์ซึ่งสัมพันธ์กับทอร์กที่คำนวณได้ ไปขับมอเตอร์

สำหรับการควบคุมความเร็ว จะอาศัยหลักการให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการในช่วงเวลาที่กำหนด โดยจะแบ่งเป็นช่วงการเคลื่อนที่เป็นช่วงสั้นๆ ที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาที่คงที่ เช่น ต้องการเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ถ้าใช้ช่วงเวลา 4 มิลลิวินาทีในการแบ่งระยะการเคลื่อนที่ (คาบเวลาการสุ่ม) จะได้ว่าในช่วง 4 มิลลิวินาทีอุปกรณ์ต้องเคลื่อนที่ได้เป็นระยะ 0.04 มิลลิเมตร จำนวน 2500 ช่วง

ในการทำงานของโปรแกรม เมื่อคำนวณการกระจัดในช่วงต่าง ๆ ได้แล้วก็จะทำการส่งการขจัดเหล่านั้นไปยังส่วนตัวควบคุมด้วยคำสั่ง IncreaseDestPos() ตามเวลาที่สัมพันธ์กับการแบ่งช่วง โดยอาศัยสัญญาณจากส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาเช่นเดียวกับตัวควบคุม

4.1 ตัวควบคุม (Controller)

หลักการทางตรรกศาสตร์ของการควบคุม คือการออกแบบเพื่อที่จะจัดการกับสัญญาณคลาดเคลื่อน (Error signal) เพื่อให้ได้สัญญาณควบคุม (Control signal) ที่ถูกต้อง ซึ่งจะกล่าวได้ว่าหน้าที่หลักของตัวควบคุม คือการควบคุมระบบให้ได้ค่าสัญญาณควบคุมที่ถูกต้องหรือใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้มากที่สุด

สำหรับในโครงการวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้ตัวควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี.ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายซี ซึ่งผลของการควบคุมแบบพี. แบบ ไอ. และแบบ ดี. จะมีข้อดีแตกต่างกัน คือการควบคุมแบบ พี. จะทำให้การตอบสนองของระบบรวดเร็วขึ้น การควบคุมแบบ ไอ.จะมี

หน้าที่ลดความคลาดเคลื่อนที่สภาวะคงตัว (Steady state error) ให้น้อยลง ส่วนการควบคุมแบบ ดี. จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น เมื่อใช้ควบคู่กับการควบคุมแบบ พี. และการควบคุมแบบ ไอ.

แม้ว่าในกระบวนการการเคลื่อนที่จริง จะเป็นแบบต่อเนื่องของเวลา (Continuous in time) แต่กระบวนการต่างๆ ในคอมพิวเตอร์จะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องของเวลา (Discrete in time) เนื่องจากการประมวลผลต้องอาศัยการสุ่มข้อมูล (Sampling) ตามค่าสัญญาณความถี่นาฬิกาของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆ จึงเป็นเหตุผลที่จะใช้ในการออกแบบโปรแกรมชุดควบคุมให้มีลักษณะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องของเวลา (Discrete controller)

โดยตัวควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

4.1 1 การควบคุมแบบ พี. (Propertional Control)

การควบคุมแบบ พี.ค่าการควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับค่าความคลาดเคลื่อน เขียนอยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete form) ตามสมการ

$$u(k) = K_P e(k) \tag{4.1}$$

4.1.2 การควบคุมแบบ ไอ.(Integral Control)

การควบคุมแบบ ไอ.ค่าการควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ซึ่งก็คือพื้นที่ใต้กราฟความคลาดเคลื่อนของเทียบกับเวลา สามารถประมาณค่าได้โดยนับผลรวมพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าใต้เส้นโค้งที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนจุดหนึ่งๆ กับช่วงเวลาในการสุ่มค่า ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามสมการ

$$u(k) = K_I T \sum_{i=1}^{k} e(k) \tag{4.2}$$

4.1.3 การควบคุมแบบ ดี.(Derivative Control)

การควบคุมแบบ ดี. ค่าการควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับค่าดิฟเฟอเรนเชียลของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบไม่ต่อเนื่องได้ ตามสมการ

$$u(k) = K_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \tag{4.3}$$

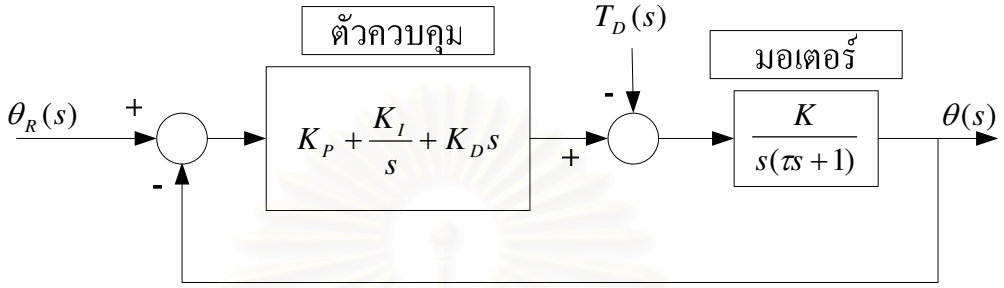
4.1.4 การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี. (PID Control)

เป็นการผสมผสานการควบคุมทั้ง 3 แบบเข้าด้วยกัน สามารถเขียนสมการการควบคุมได้โดยนำสมการที่ (4.1), (4.2) และ (4.3) มารวมกัน

$$u(k) = K_P e(k) + K_I T \sum_{i=1}^{k} e(k) + K_D \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \tag{4.4}$$

เนื่องจากในโครงงานวิทยานิพนธ์นี้ ต้องการควบคุมตำแหน่งของการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง ถ้าภาระของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง เราอาจถือได้ว่าภาระนั้นเป็นสัญญาณรบกวน

(Disturbance torque) ได้ และเมื่อรวมเอาระบบควบคุมแบบพีไอดีเข้าด้วยกันแล้ว สามารถเขียนในรูปของสมการฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) และรูปแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ของทั้งระบบมอเตอร์และระบบควบคุมได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี

ระบบพลศาสตร์ของการควบคุมตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์กระแสตรงเป็นระบบอันดับสอง สำหรับระบบ $G(s) = \frac{K}{s(\tau s+1)}$ ซึ่งเป็นระบบชนิด type I สามารถใช้การควบคุมแบบพีดี ก็สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ได้ และทำให้ค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัว (Steady state error) เป็นศูนย์ได้ แต่จากการทดลองพบว่ายังมีค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัว อันเนื่องมาจากสิ่งที่ไม่ได้จำลองไว้ในระบบ ผู้วิจัยจึงทดลองใส่ค่าควบคุมแบบอินทิกรัลเพิ่มเข้าไป เพื่อช่วยลดค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัว โดยระบบนี้จะมีเสถียรภาพเมื่อค่าอัตราขยาย K_P, K_I และ K_D มีค่าเป็นบวก

การหาค่าเกนที่ใช้ในการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซดนั้น ใช้วิธีหาจากการทดลองสุ่มค่าโดยพิจารณาจากผลตอบสนองของการเคลื่อนที่ของระบบเคลื่อนที่ของแกนแต่ละแกน โดยทำการทดลองการเคลื่อนที่ทีละแกน เริ่มต้นให้ค่าเกนทั้ง 3 ตัวเป็นศูนย์แล้ว ทำการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มจากการทดลองสุ่มค่า K_P ก่อน โดยเริ่มจากค่าน้อยๆ ทดลองเพิ่มค่าเกน จนกระทั่งระบบเริ่มเกิด Overshoot

2. เพื่อลดค่า Overshoot และทำทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ทดลองสุ่มค่า K_D โดยเริ่มจากค่าน้อยๆ ทดลองเพิ่มค่าเกน จนระบบมีค่า Overshoot ที่ยอมรับได้

3. พบว่าระบบยังมีค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัว จึงทดลองใส่ค่า K_I โดยเริ่มจากค่าน้อยๆ ทดลองเพิ่มค่าเกน K_I จนกระทั่งลดค่าผิดพลาดในสถานะอยู่ตัวลงเข้าใกล้ศูนย์ และระบบยังคงมีเสถียรภาพ

5. ปรับค่าเกนทั้ง 3 ตัวแบบละเอียดอีกครั้ง โดยทดลองเปลี่ยนค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ทดลองได้ก่อนหน้านี้ โดยค่าเกนที่ใช้มีค่าดังนี้

แกนเอ็กซ์ ได้ค่า $K_p = 8.5$, $K_i = 7.5$, $K_d = 0.05$

แกนวาย ได้ค่า $K_p = 50.0$, $K_i = 0.0$, $K_d = 0.30$

แกนแซดได้ค่า $K_p = 8.0$, $K_i = 9.5$, $K_d = 0.075$

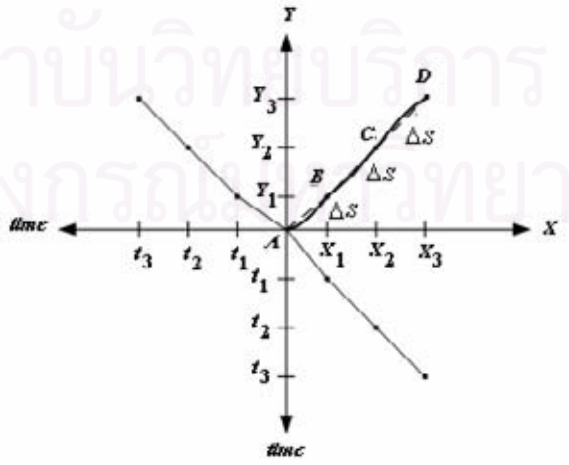
ในแกนวาย เมื่อทดลองใส่ค่า K_i แล้ว พบว่าระบบมีเสถียรภาพไม่ดีนักจึงให้ค่าเป็นศูนย์

4.2 การควบคุมความเร็วตามแนวทางเดิน

ในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซีนั้น นอกจากความถูกต้องของตำแหน่งตามแนวทางแล้ว สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือความเร็วตามแนวทางเดินจะต้องคงที่ด้วย เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพ เทคนิคการควบคุมความเร็วให้คงที่มีหลายวิธี สำหรับในโครงการวิทยานิพนธ์นี้ การควบคุมตำแหน่งและความเร็วตามแนวทางเดินจะใช้วิธีดังนี้

$$Velocity = \frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{4.5}$$

จากสมการที่ (4.5) ถ้ากำหนดให้ Δt มีค่าเท่ากับเวลาในการสุ่มค่า (Sampling period) ซึ่งมีค่าคงที และสามารถควบคุมให้ ΔS ซึ่งมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในแต่ละครั้งของการสุ่มให้มีค่าคงที่ เราจะได้ค่าความเร็วที่มีค่าคงที่ จากหลักการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการควบคุมตำแหน่งและความเร็วได้ดังนี้



รูปที่ 4.2 การแบ่งจุดตามแนวการเคลื่อนที่

จากรูปที่ 4.2 เส้นทึบแสดงถึงแนวทางเดินที่ต้องการ เราจะแบ่งแนวทางเดินออกเป็นส่วนเล็กๆ มีขนาดเท่ากับ ΔS ซึ่งแสดงในรูปด้วยเส้นตรง AB BC CD (ดังแสดงเป็นเส้นประ) จากสมการที่ (4.5) ถ้ากำหนดให้ค่า Δt มีค่าเท่ากับเวลาในการสุ่มค่า T จะสามารถหาค่า ΔS ได้ดังสมการที่ (4.6)

$$\Delta S = VT \tag{4.6}$$

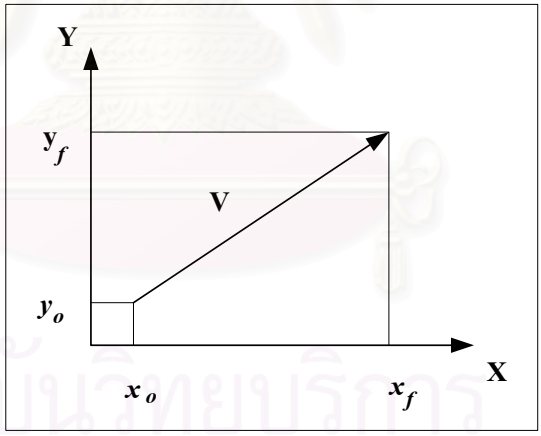
กำหนดให้

V = ความเร็วตามแนวทางเดิน

T = เวลาในการสุ่มค่า

ΔS = ระยะทางในการเคลื่อนที่ในการสุ่มค่า 1 ครั้ง

จากสมการที่ (4.6) เราจะนำค่า ΔS ที่คำนวณได้ไปใช้ในการคำนวณหาจุดอ้างอิงตามแนวแกนเอ็กซ์และแกนวาย ที่เวลา T ใดๆ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของแกน Xและ Yด้วยความเร็ว V

เราสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.2 กำหนดให้เส้นทางการเคลื่อนที่เริ่มจากจุด x_0, y_0 เคลื่อนไปด้วยความเร็ว V เป็นเส้นตรงไปยังจุด x_f, y_f สามารถหาจำนวนจุดในการเคลื่อนที่ได้ดังนี้

$$N = \frac{\left[(x_f - x_0)^2 + (y_f - y_0)^2\right]^{1/2}}{VT} \tag{4.7}$$

จะได้ระยะเคลื่อนที่แต่ละช่วงเวลาการสุ่ม ดังนี้

$$\Delta x = \frac{(x_f - x_0)}{N} \tag{4.8}$$

$$\Delta y = \frac{(y_f - y_0)}{N} \tag{4.9}$$

ชุดคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนที่

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x \tag{4.10}$$

$$y_n = y_{n-1} + \Delta y \tag{4.11}$$

แต่เนื่องจากหากใช้วิธีตามที่กล่าวมานั้น ช่วงเริ่มต้น และหยุดการเคลื่อนที่ของชุดขับเคลื่อนจะเกิดการกระชาก เพื่อจะลดปัญหานี้จึงใช้วิธีการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่โดยใช้ฟังก์ชันสไปลน์ โดยแบ่งเส้นทางการเคลื่อนที่ออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกจาก t_0 ถึง t_1 เป็นช่วงความเร่งคงที่ (A) ทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นจนถึงค่าที่กำหนดและเคลื่อนที่ต่อไปในช่วงที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงความเร็วคงที่ (V) จนถึงเวลา t_2 จึงเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความหน่วงคงที่ $(-A)$ ความเร็วจะลดลงจนถึงเวลา t_3 ค่าความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งได้ระยะทางที่กำหนด

จากรูปที่ 4.3 สามารถหาระยะทาง และเวลาในแต่ละช่วงได้ดังนี้

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0 \tag{4.12}$$

$$\Delta s_1 = \frac{A\Delta t_1^2}{2} = x_1 - x_0 \tag{4.13}$$

$$\Delta t_3 = t_3 - t_2 = \Delta t_1 \tag{4.14}$$

$$\Delta s_3 = \frac{V^2}{2A} = x_f - x_2 \tag{4.15}$$

$$\Delta s_2 = x_2 - x_1 = x_f - \Delta s_1 - \Delta s_3 \tag{4.16}$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_1 = \frac{\Delta s_2}{V} \tag{4.17}$$

โดยทั่วไปจะให้ระยะทางส่วนแรก Δs_1 เท่ากับส่วนที่สาม Δs_3 เราสามารถหาระยะทางส่วนที่สองได้จากระยะทางทั้งหมดลบออกด้วยส่วนแรกและส่วนที่สาม

กำหนดให้ x_0 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ที่เวลา t_0

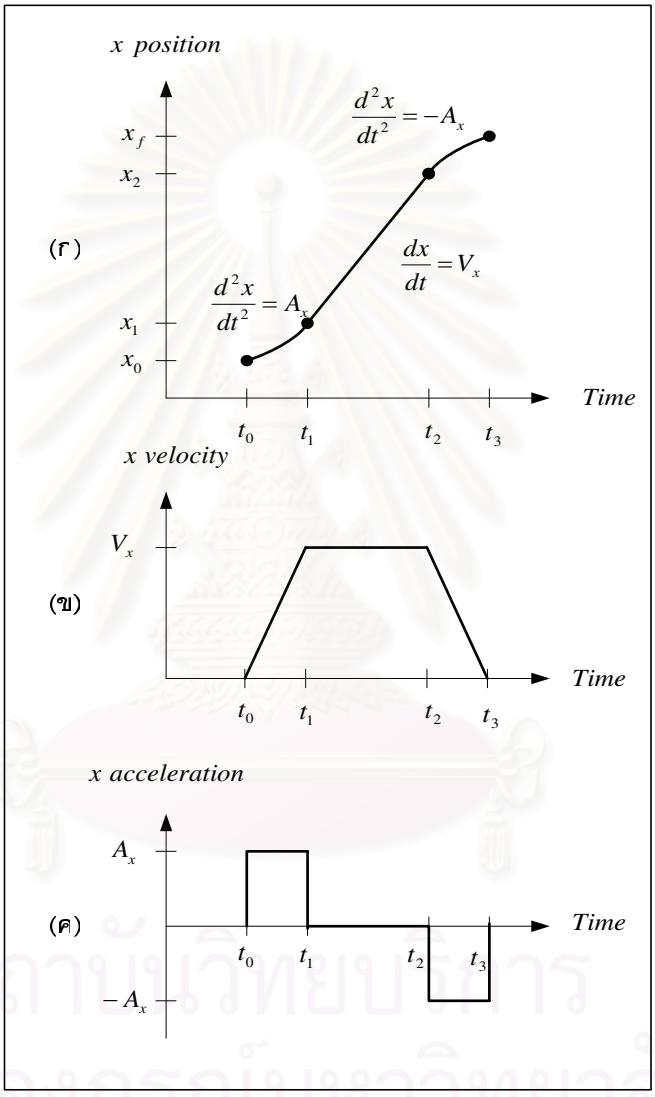
x_1 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ที่เวลา t_1

x_2 เป็นตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ที่เวลา t_2

x_f เป็นตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ที่เวลา t_3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้าหากต้องการให้ช่วงเวลาในช่วงความเร็วคงที่ (Δt_2) มีมากกว่าช่วงเวลาในช่วงความเร่งคงที่ (Δt_1 หรือ Δt_3) มากเท่าที่จะมากได้ ก็ควรจะกำหนดให้ค่าความเร่งมีค่าสูงเท่าที่เครื่องจักรจะทำได้ แต่ถ้าค่าความเร่งสูงก็จะมีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่เช่นกัน



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเคลื่อนที่ (ก) ระยะทางกับเวลา (ข)ความเร็วกับเวลา (ค)ความเร่งกับเวลา

ในกรณีที่ช่วงเวลา Δt_2 มีค่าเป็นลบจะเกิดขึ้นเมื่อ

$$|\Delta x| < \frac{V_x^2}{A_x} \tag{4.18}$$

แสดงว่าระยะทางเคลื่อนที่ไม่ยาวพอที่จะเคลื่อนที่ได้ถึงความเร็วสูงสุด กรณีเช่นนี้จะไม่มีช่วงความเร็วคงที่ ดังรูปที่ 4.5 สมการของเวลาและระยะทางจะเปลี่ยนเป็นดังนี้

$$\Delta x = x_f - x_0 \tag{4.19}$$

$$\Delta t_1 = \sqrt{\frac{\Delta x}{A}} \tag{4.20}$$

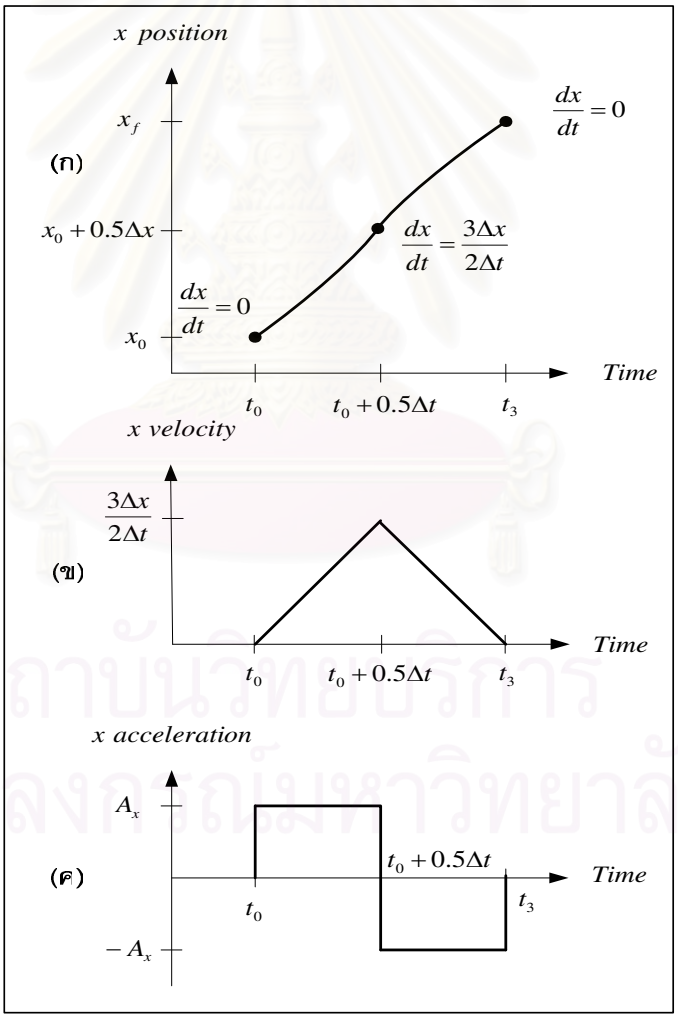
$$\Delta s_1 = \frac{A\Delta t_1^2}{2} \tag{4.21}$$

$$\Delta t_3 = \Delta t_1 \tag{4.22}$$

$$\Delta s_3 = \Delta s_1 \tag{4.23}$$

$$\Delta s_2 = 0 \tag{4.24}$$

$$\Delta t_2 = 0 \tag{4.25}$$



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเคลื่อนที่แบบไม่มีช่วงความเร็วคงที่
(ก) ระยะทางกับเวลา (ข)ความเร็วกับเวลา (ค)ความเร่งกับเวลา

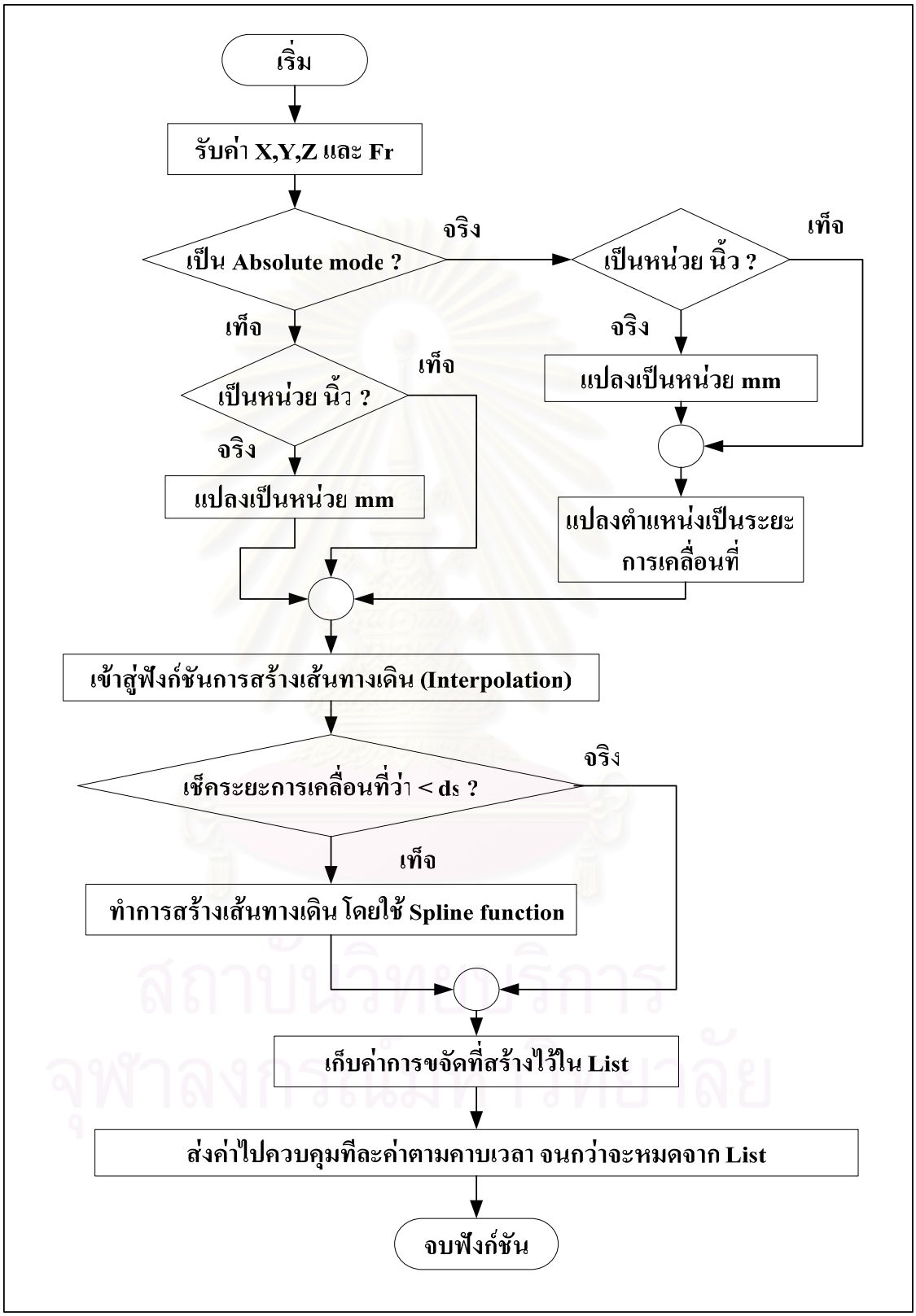
4.3 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมสร้างเส้นทางเดินแบบเส้นตรง และแบบวงกลม

จากวิธีการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่โดยใช้ฟังก์ชันสไปลน์ และการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่เส้นทางแบบวงกลม (Circular interpolation) ในบทที่ 2 ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของโค้ด G01 G02 และG03 โดยขั้นตอนในการควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง และวงกลม จะอธิบายในรายละเอียดได้ดังนี้

4.3.1 การเคลื่อนที่เส้นตรง (Linear Interpolation)

เมื่อมีการเรียกชุดคำสั่งมาที่ฟังก์ชัน G01 ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เริ่มต้นฟังก์ชันจะรับค่าโคออร์ดิเนตที่ต้องการเคลื่อนที่ไปของแกนเอ็กซ์ แกนวาย แกนแซด และค่าอัตราการป้อนเข้ามา หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่ามีการใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute) หรือแบบสัมพัทธ์ (Incremental) หากใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์จะต้องนำตำแหน่งใหม่ที่ต้องการเคลื่อนที่ไปลบกับตำแหน่งเดิม จะได้เป็นระยะที่ต้องเคลื่อนที่ไปในแต่ละแนวแกน และไม่ว่าจะใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ หรือแบบสัมพัทธ์จะมีการตรวจสอบว่าเป็นใช้ระบบอ้างอิงหน่วยของระยะการเคลื่อนที่เป็น นิ้วหรือมิลลิเมตร หากเป็นหน่วยนิ้วจะทำการแปลงหน่วยให้อยู่ในหน่วยมิลลิเมตร ก่อนจะส่งมาทำการสร้างเส้นทางเดิน

เมื่อเข้าสู่ฟังก์ชันการสร้างเส้นทางเดิน จะมีการตรวจสอบก่อนว่าระยะที่ต้องเคลื่อนที่ไปในแต่ละแนวแกนมีค่าน้อยกว่าระยะการเคลื่อนที่ทีต้องเคลื่อนที่ในหนึ่งคาบการสุ่มหรือไม่ หากมีค่าน้อยกว่าก็ไม่จำเป็นต้องแบ่งระยะที่ต้องเคลื่อนที่ไปออกเป็นช่วงสั้นๆ อีก เพราะระยะนี้มีความละเอียดพอที่จะส่งไปควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซดได้แล้ว แต่ถ้าระยะที่ต้องเคลื่อนที่ไปในแต่ละแนวแกนมีค่ามากกว่า ก็จะทำการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่จากระยะนั้นโดยใช้ฟังก์ชันสไปลน์ (Spline function) แล้วเก็บค่าการขจัดย่อยๆ ในช่วงต่างของแกนเอ็กซ์วายแซดที่สร้างขึ้น ไว้ในลิสต์ (List) จนครบระยะทั้งหมดที่ต้องเคลื่อนที่ไป แล้วจึงส่งค่าการขจัด ไปควบคุมทีละค่า ตามคาบเวลาการสุ่ม จนกว่าจะค่าการขจัดหมดจาก List โดยขั้นตอนการสร้างทางเดินแบบเส้นตรงนี้ จะเป็นไปตามแผนภูมิโครงสร้างซึ่งอยู่ในหน้าถัดไป



รูปที่ 4.6 แผนภูมิโครงสร้างการสร้างเส้นทางเดินการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

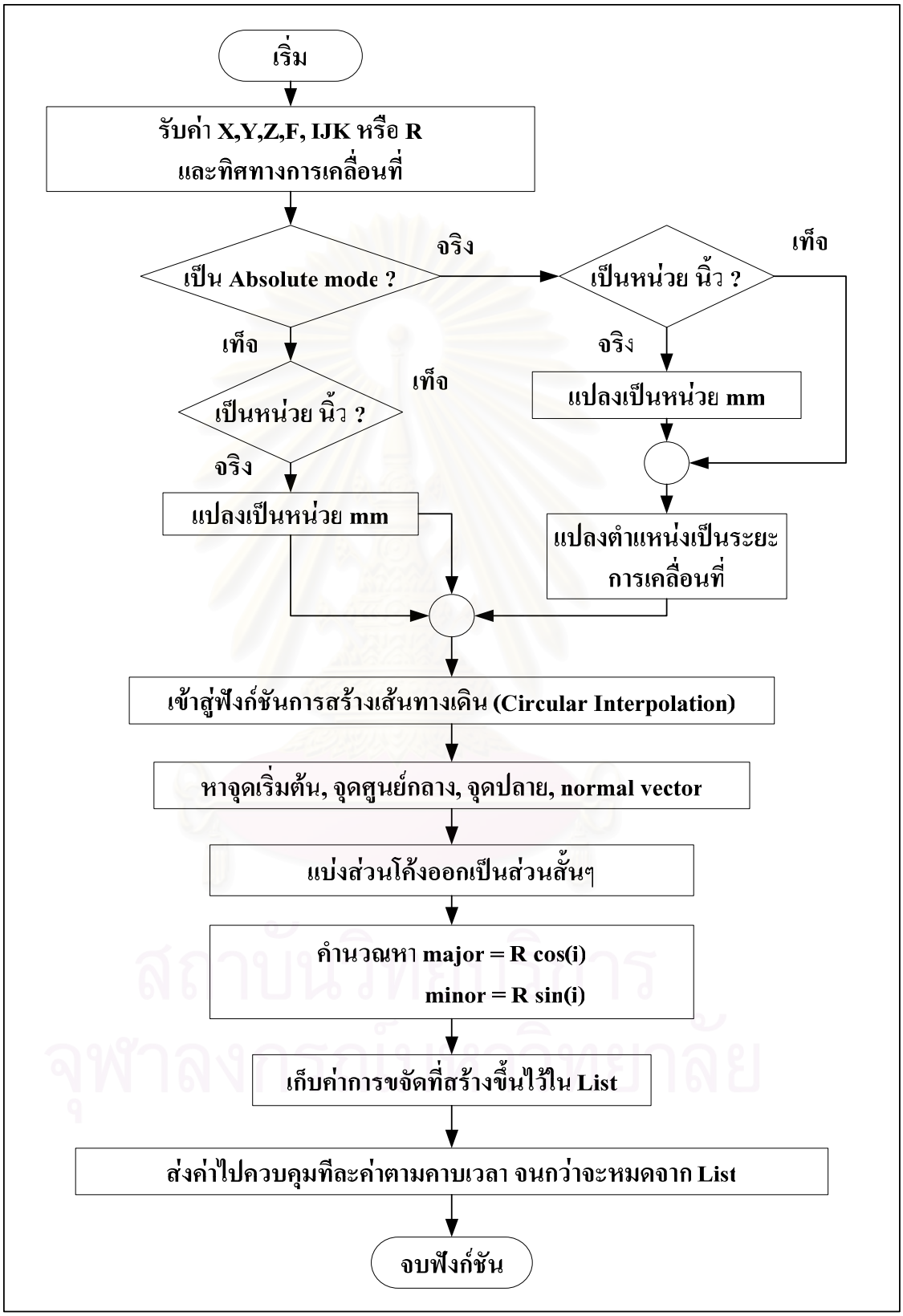
4.3.2 การเคลื่อนที่เส้นโค้ง (Circular Interpolation)

เมื่อมีการเรียกชุดคำสั่งมาที่ฟังก์ชัน G02 หรือ G03 ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง เริ่มต้นฟังก์ชันจะรับค่าโคออร์ดิเนตของแกนเอ็กซ์ แกนวาย แกนแซด ค่าอัตราการป้อน ค่า IJK หรือ R ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดจุดศูนย์กลางของเส้นโค้ง และทิศทางการเคลื่อนที่ว่าเดินตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่าใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์(Absolute) หรือแบบสัมพัทธ์(Incremental) หากใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์จะต้องนำตำแหน่งใหม่ที่ต้องการเคลื่อนที่ไปลบกับตำแหน่งเดิม จะได้เป็นระยะที่ต้องเคลื่อนที่ไปในแต่ละแนวแกน ซึ่งไม่ว่าจะใช้ระบบอ้างอิงการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ หรือแบบสัมพัทธ์จะมีการตรวจสอบว่าเป็นใช้ระบบอ้างอิงหน่วยของระยะการเคลื่อนที่เป็น นิ้วหรือมิลลิเมตร หากเป็นหน่วยนิ้วจะทำการแปลงหน่วยให้อยู่ในหน่วยมิลลิเมตร ก่อนจะส่งมาทำการสร้างเส้นทางเดิน

เมื่อเข้าสู่ฟังก์ชันการสร้างเส้นทางเดิน จะคำนวณหาพิกัดของจุดเริ่มต้น, พิกัดของจุดศูนย์กลาง, พิกัดของจุดปลาย, และเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับระนาบการเคลื่อนที่ ต่อจากนั้นหาความยาวของเส้นโค้ง เนื่องจากต้องการให้ความเร็วตามแนวทางเดินคงที่ จึงใช้หลักการการแบ่งเส้นทางเดินออกเป็นระยะสั้นๆ ให้สัมพันธ์กับคาบการสุ่ม ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.2 โดยกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ใน 1 คาบการสุ่มจากสมการที่ (4.6) $\Delta S = VT$ โดย V = ความเร็วตามแนวทางเดิน และ T = เวลาในการสุ่มค่า

เมื่อได้ระยะ ΔS จะได้จำนวนส่วนโค้งที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนสั้นๆ ทำการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่จากสมการพิกัดของแต่ละจุดที่บนเส้นโค้ง จากหลักการในบทที่ 2 สมการที่ (2.13–2.15) $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{2r^2 - \Delta s^2}{2r^2}\right)$, $x(n) = r \cdot \cos(\theta n) + x_0$ และ $y(n) = r \cdot \sin(\theta n) + y_0$ แล้วเก็บค่าการขจัดย่อยๆ ในช่วงต่างๆ ของแกนเอ็กซ์วายแซดที่สร้างขึ้น ไว้ในลิสต์ (List) จนครบจำนวนส่วนโค้งที่ถูกแบ่งทั้งหมด แล้วจึงส่งค่าตำแหน่ง ไปควบคุมทีละค่า ตามคาบเวลาการสุ่ม จนกว่าจะค่าตำแหน่งหมดจากลิสต์

โดยขั้นตอนการสร้างทางเดินแบบเส้นโค้งนี้ จะเป็นไปตามแผนภูมิโครงสร้างซึ่งอยู่ในหน้าถัดไป



รูปที่ 4.7 แผนภูมิโครงสร้างการสร้างเส้นทางเดินการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง

บทที่ 5

การทดสอบโปรแกรมและผลการทดสอบ

การทดสอบโปรแกรมจีโค้ดอินเตอร์พริเตอร์ 2004 (G-Code Interpreter 2004) ผู้วิจัยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ ทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและวงกลมจากการแปลเอ็นซีโค้ดเป็นการทดลองแปลโค้ดสั้น ๆ เพียงคำสั่งเดียว โดยแปลโค้ด G01และ G02 และการทดสอบแปลเอ็นซีโค้ดที่สร้างจากโปรแกรม CAD/CAM เช่น CATIA V5R14 และ Unigraphics V18.0 เป็นการทดลองแปลโปรแกรมเอ็นซีโค้ด ที่มีความยาวหลายๆ บรรทัดอย่างต่อเนื่อง

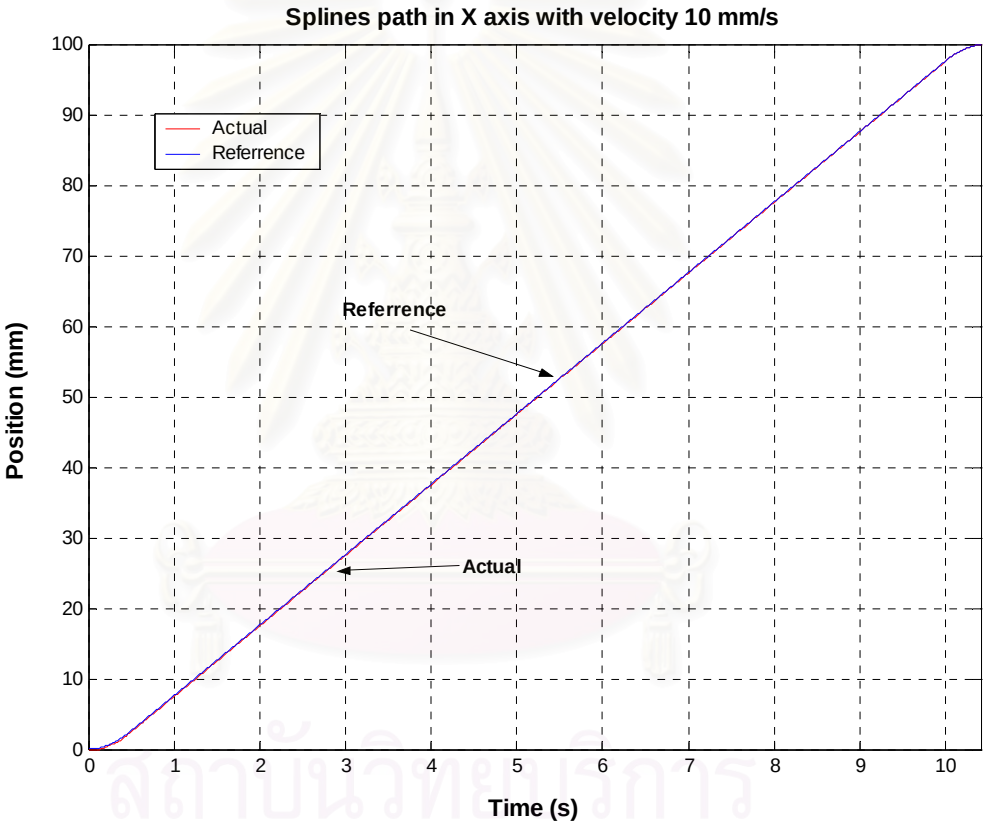
5.1 การทดลองการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยการแปลจาก G01

ในการทดลองนี้เป็นการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงแบบสไปลน์ โดยในช่วงความเร่ง และความหน่วงคงที่ให้มีค่าเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ^{2} ทั้งสามแนวแกน ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง 250 Hz (คาบการสุ่ม 4 มิลลิวินาที) ทำการทดลองเคลื่อนที่ในแต่ละแนวแกนทีละแกนเป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ด้วยอัตราการป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที (10 มิลลิเมตรต่อวินาที) และทดลองเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกนพร้อมกัน โดยแกนเอ็กซ์วายแซด เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 100, 150 และ200 มิลลิเมตร ตามลำดับ ด้วยอัตราการป้อน 1000 มิลลิเมตรต่อนาที และทำการบันทึกผลของตำแหน่งที่เคลื่อนที่ที่เวลาต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง โดยทำการแปลโค้ดจากเท็กซ์ไฟล์ (.txt) ซึ่งมีโค้ดดังนี้

โปรแกรมที่ 1 เคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ - N1 G01 X100. F600.
โปรแกรมที่ 2 เคลื่อนที่ในแนวแกนวาย - N1 G01 Y100. F600.
โปรแกรมที่ 3 เคลื่อนที่ในแนวแกนแซด - N1 G01 Z100. F600.
โปรแกรมที่ 4 เคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์วายแซด - N1 G01 X100. Y150. Z200. F1000.

5.1.1 การเคลื่อนที่ตามแนวแกนเอ็กซ์

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ เป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ด้วยค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ ที่เวลาต่างๆ จากรูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริงกับตำแหน่งอ้างอิงตามแนวทางเดิน พบว่าเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับตำแหน่งอ้างอิงจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดแนวทางเดิน

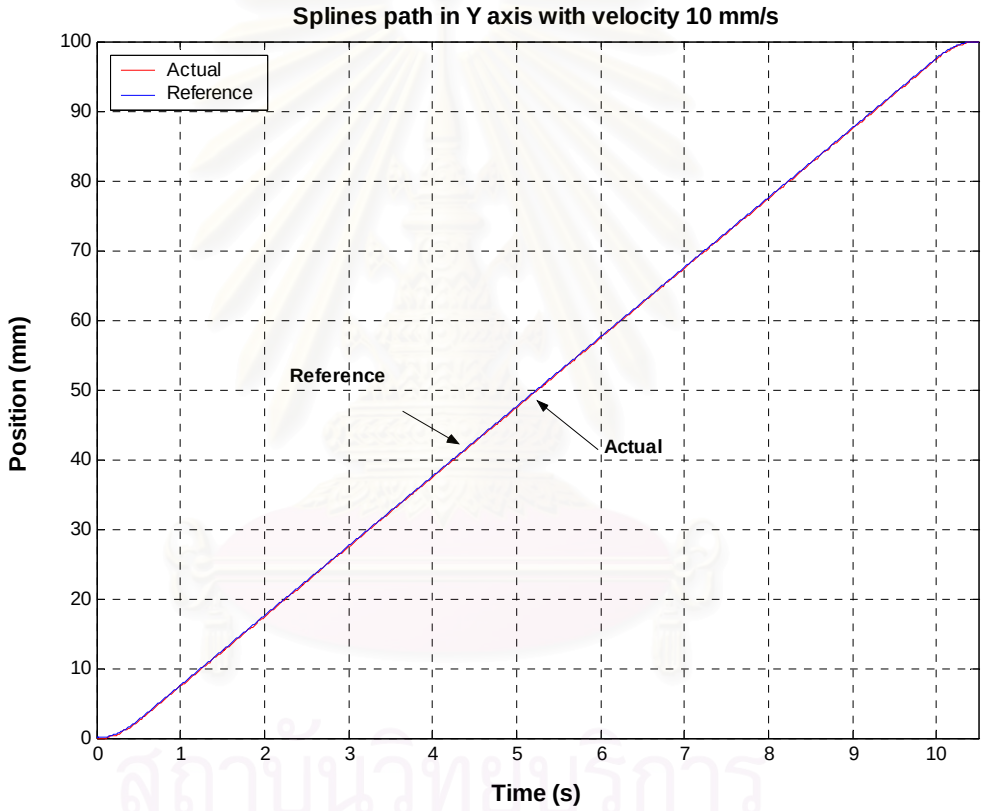


รูปที่ 5.1 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

โดยค่าผิดพลาดของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าผิดพลาดของความเร็วที่ในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ จะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ค

5.1.2 การเคลื่อนที่ตามแนวแกนวาย

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย เป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ด้วยค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ ที่เวลาต่างๆ จากรูปที่ 5.2 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนวายที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริงกับตำแหน่งอ้างอิงตามแนวทางเดิน พบว่าเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับตำแหน่งอ้างอิงจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดแนวทางเดิน

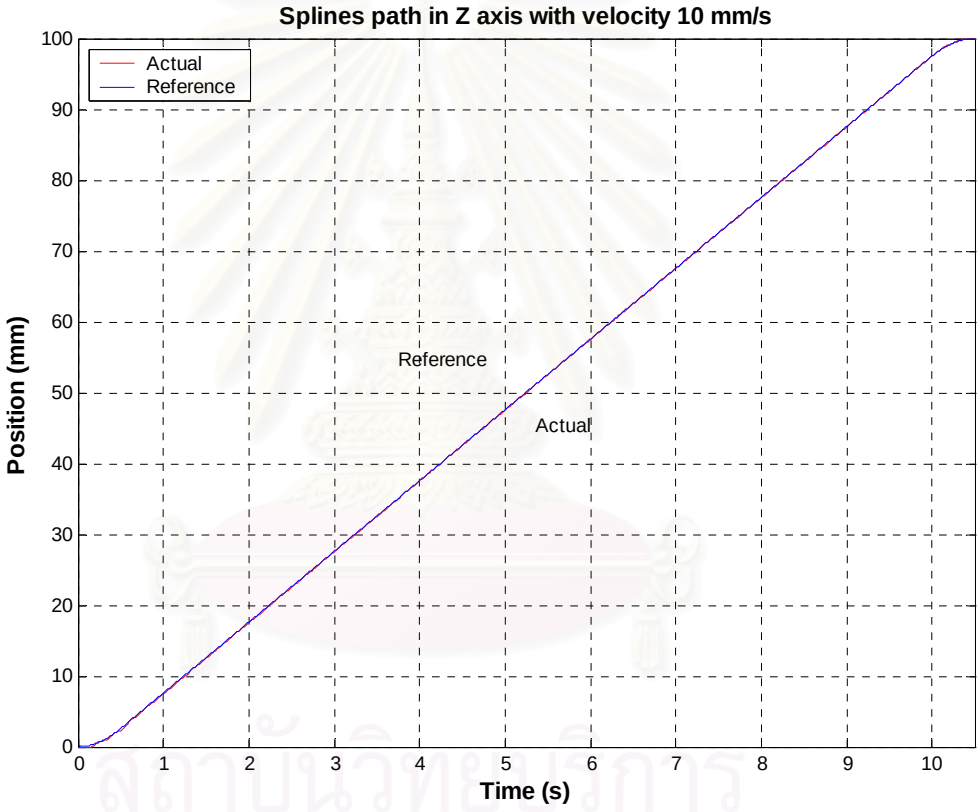


รูปที่ 5.2 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

โดยค่าผิดพลาดของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าผิดพลาดของความเร็วที่ในแนวแกนวายที่เวลาต่าง ๆ จะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ค

5.1.3 การเคลื่อนที่ตามแนวแกนแซด

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด เป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ด้วยค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ ที่เวลาต่างๆ จากรูปที่ 5.3 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนแซดที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริงกับตำแหน่งอ้างอิงตามแนวทางเดิน พบว่าเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับตำแหน่งอ้างอิงจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดแนวทางเดิน

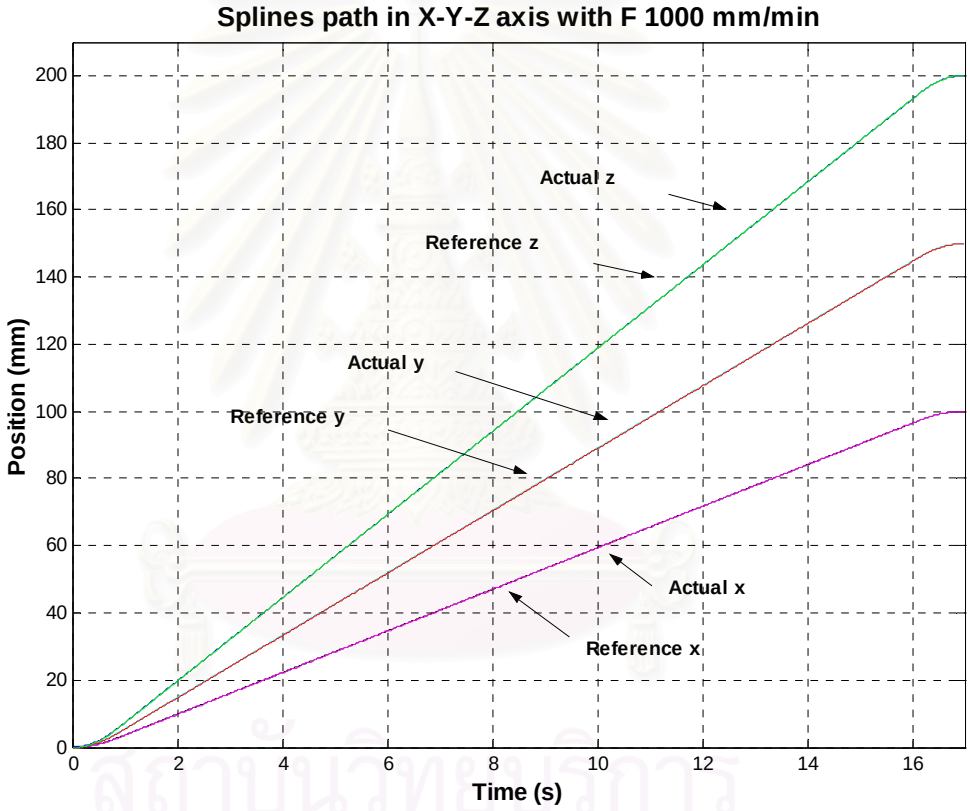


รูปที่ 5.3 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ด้วย F 600 mm/min

โดยค่าผิดพลาดของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าผิดพลาดของความเร็วที่ในแนวแกนแซดที่เวลาต่าง ๆ จะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ค

5.1.4 การเคลื่อนที่ตามแนวแกนเอ็กซ์ วาย แซด

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ วาย แซด พร้อมกันทั้งสามแกน โดยเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 100, 150 และ 200 มิลลิเมตร ตามลำดับ ด้วยค่าอัตราป้อน 1000 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ ที่เวลาต่างๆ จากรูปที่ 5.4 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์วายแซดที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับตำแหน่งอ้างอิงตามแนวทางเดิน



รูปที่ 5.4 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min

โดยค่าผิดพลาดของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าผิดพลาดของความเร็วที่ในแนวแกนเอ็กซ์วายแซดที่เวลาต่าง ๆ จะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ค

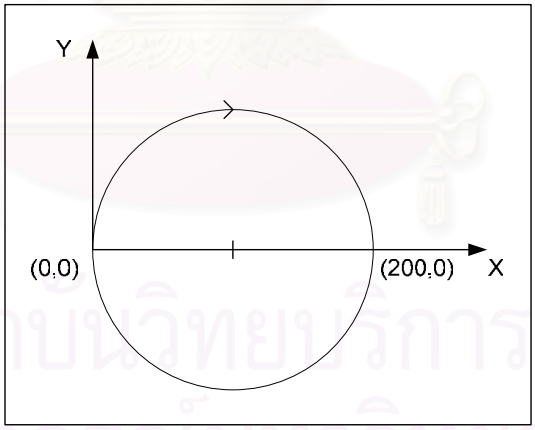
5.2 การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม

การทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลม ได้ทำการเคลื่อนที่ในระนาบ XY, XZ และYZ ด้วยโค้ดG02 โดยมีจุดเริ่มต้นที่จุด (0,0,0) บอกตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งโดย IJK ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที และทำการเคลื่อนที่ในระนาบ XY บอกตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งโดย R ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที

5.2.1 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ XY

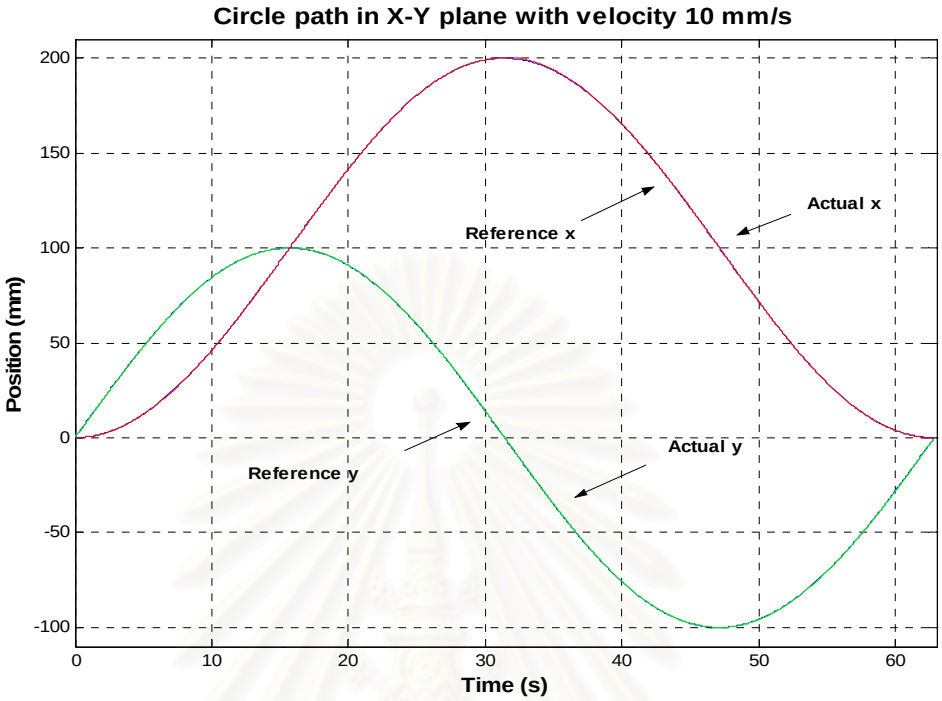
ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ XY โดยมีจุดเริ่มต้นที่จุด (0,0,0) รัศมีความโค้ง 100 มิลลิเมตร ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยโค้ดที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

```
N1 G17 G02 X200. Y0 I100. J0 F600.
N2 X0 Y0 I-100. J0
```

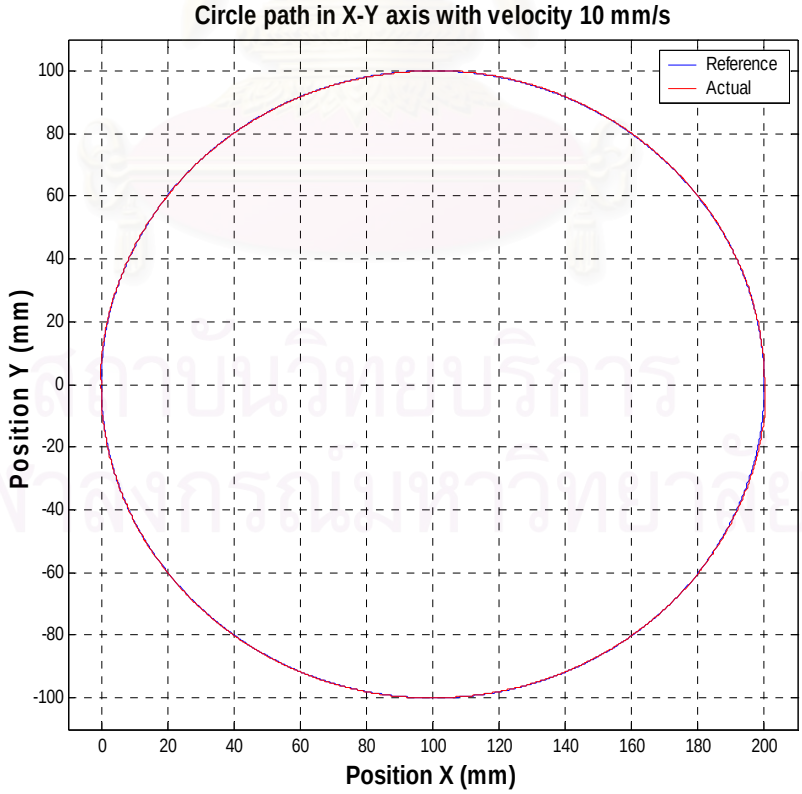


รูปที่ 5.5 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมบนระนาบ XY

จากรูปที่ 5.6 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และวายที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน และจากรูปที่ 5.7 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และวาย โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน



รูปที่ 5.6 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



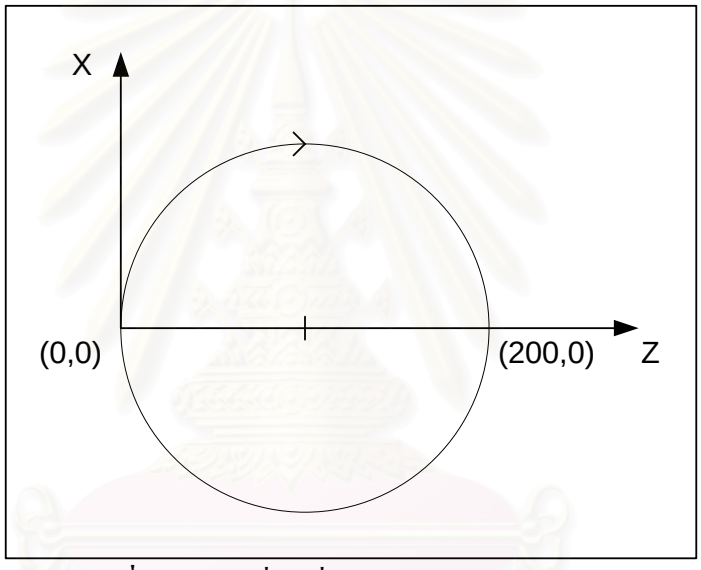
รูปที่ 5.7 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย

5.2.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ XZ

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ XZ โดยมีจุดเริ่มต้นที่จุด (0,0,0) รัศมีความโค้ง 100 มิลลิเมตร ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยโค้ดที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

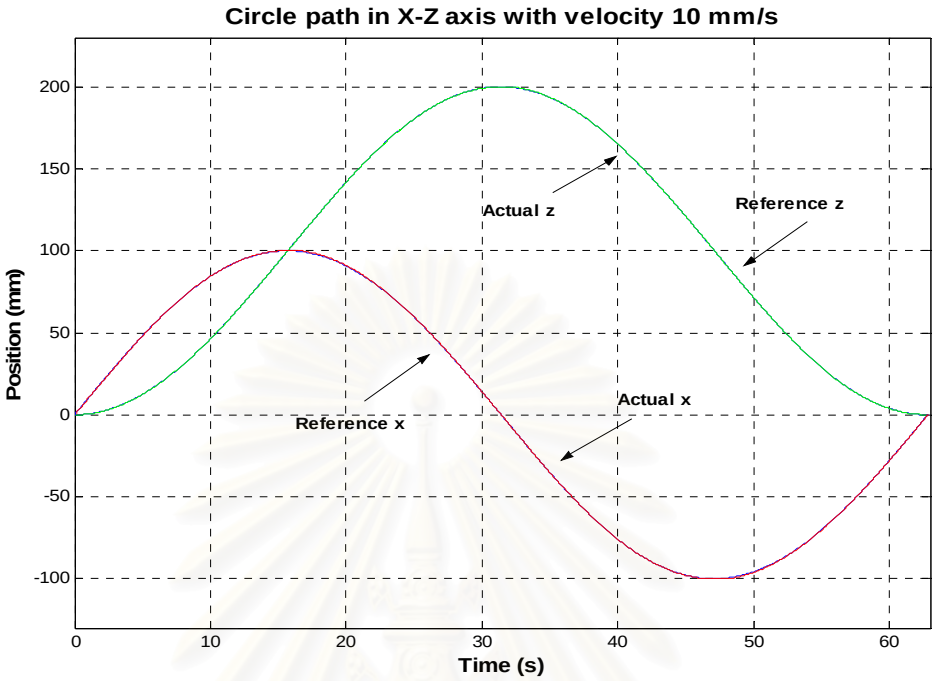
N1 G18 G02 X0 Z200. I0 K100. F600.

N2 X0 Z0 I0 K-100.

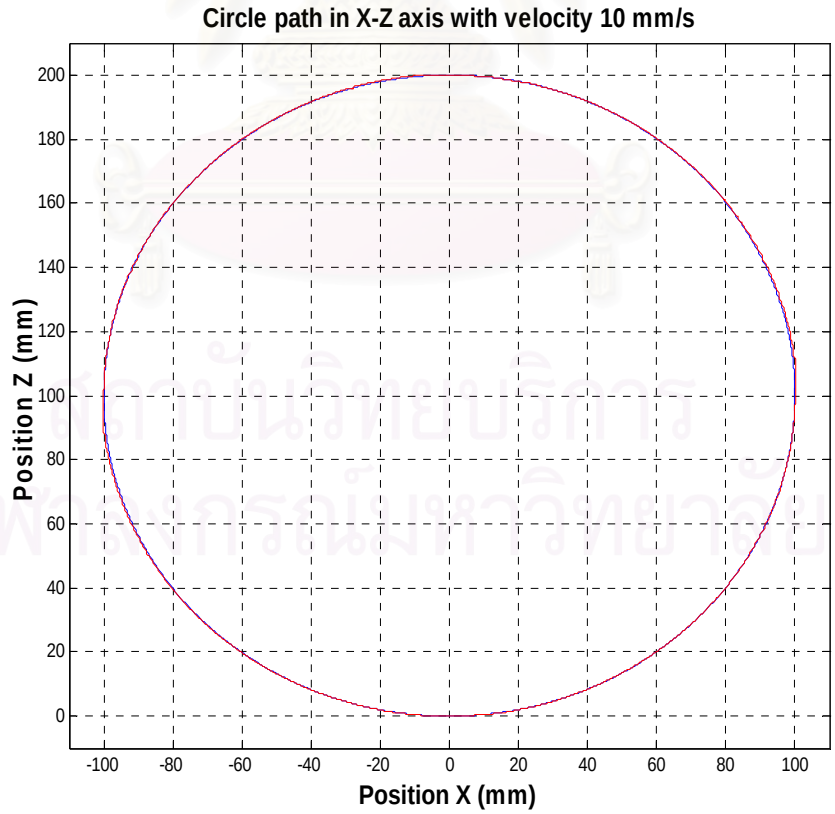


รูปที่ 5.8 การเคลื่อนที่เป็นวงกลมบนระนาบ XZ

จากรูปที่ 5.9 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และแซดที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน และจากรูปที่ 5.10 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และแซด โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน



รูปที่ 5.9 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ



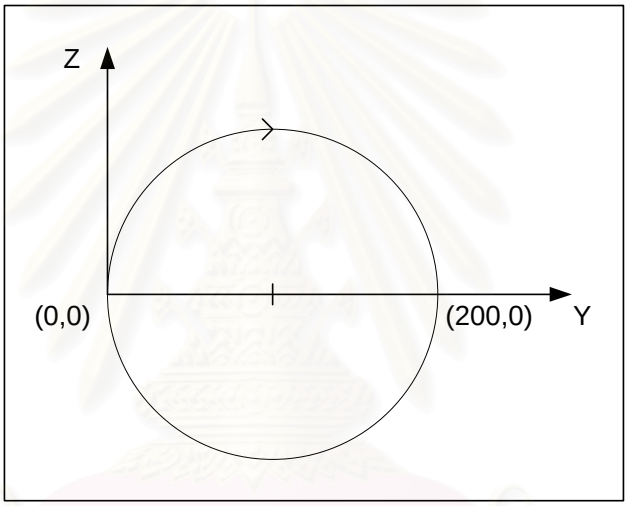
รูปที่ 5.10 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด

5.2.3 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ YZ

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ YZ โดยมีจุดเริ่มต้นที่จุด (0,0,0) รัศมีความโค้ง 100 มิลลิเมตร ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยโค้ดที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

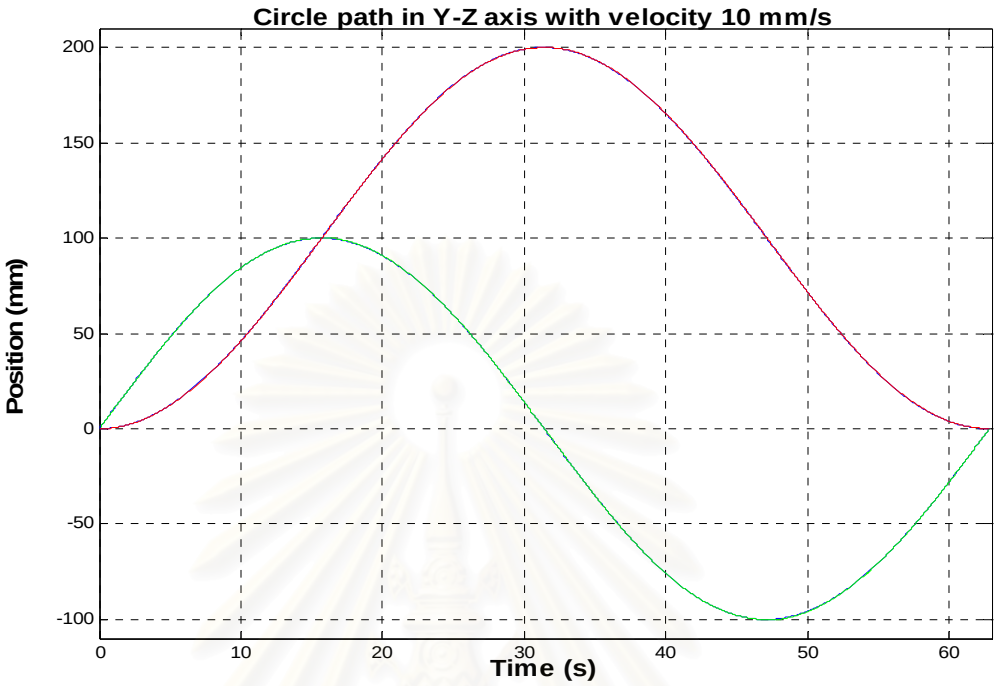
N1 G19 G02 Y200. Z0 J100. K0 F600.

N2 Y0 Z0 J-100. K0

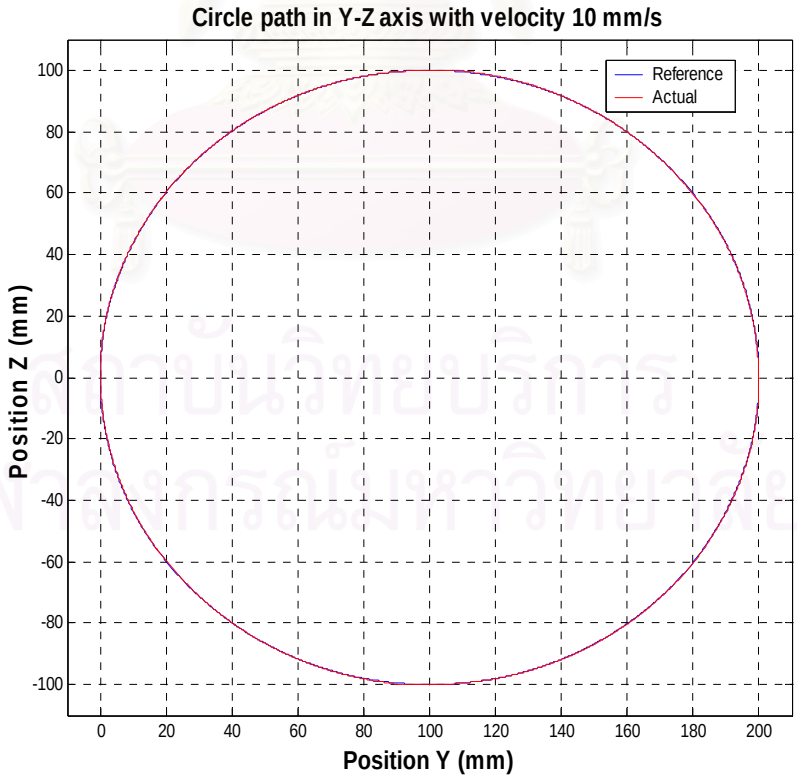


รูปที่ 5.11 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม บนระนาบ YZ

จากรูปที่ 5.12 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนวายและแซดที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน และจากรูปที่ 5.13 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนวายและแซด โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน



รูปที่ 5.12 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ

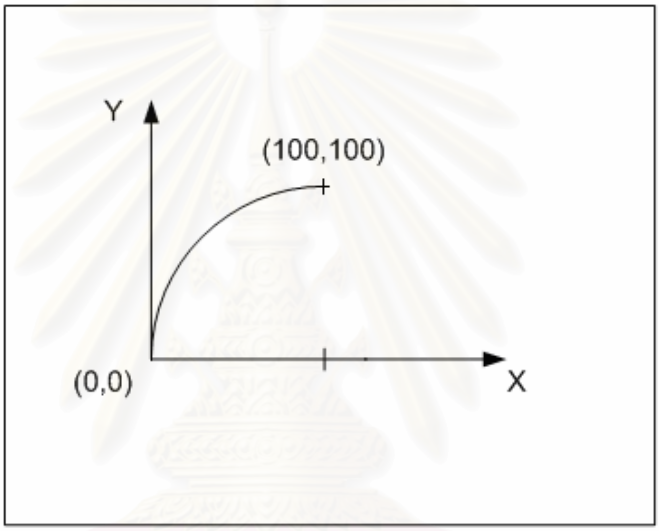


รูปที่ 5.13 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด

5.2.4 การเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งในระนาบ XY โดยรับค่าจุดศูนย์กลางเส้นโค้ง ด้วย R

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ XY โดยมีจุดเริ่มต้นที่จุด (0,0,0) จุดสิ้นสุดอยู่ที่จุด (100,100,0) รัศมีความโค้ง 100 มิลลิเมตร ค่าอัตราป้อน 600 มิลลิเมตรต่อนาที เคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่ โดยโค้ดที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

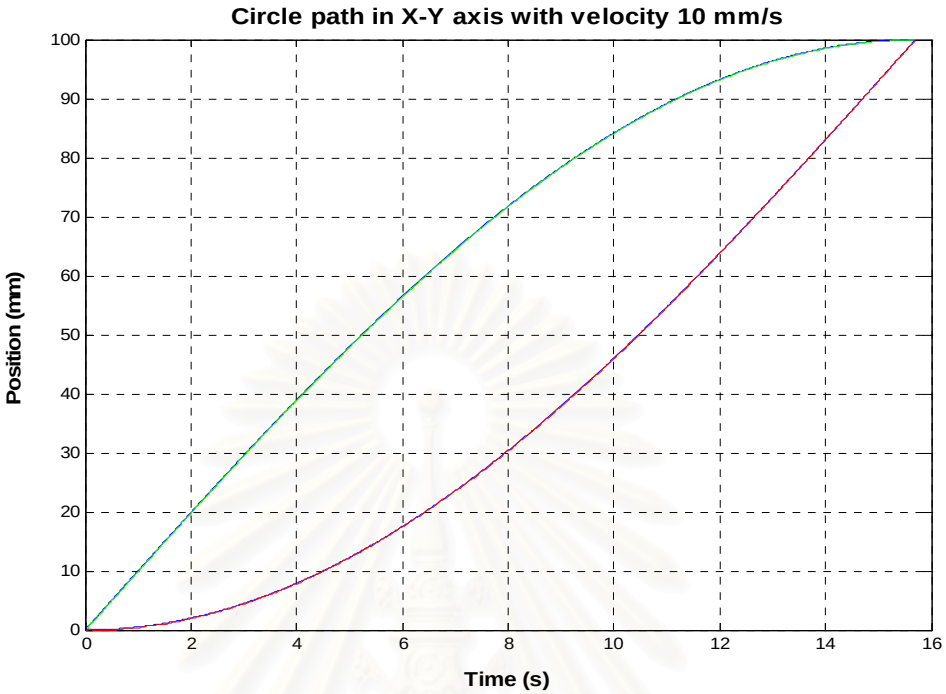
N1 G17 G02 X100. Y100 R100. F600.



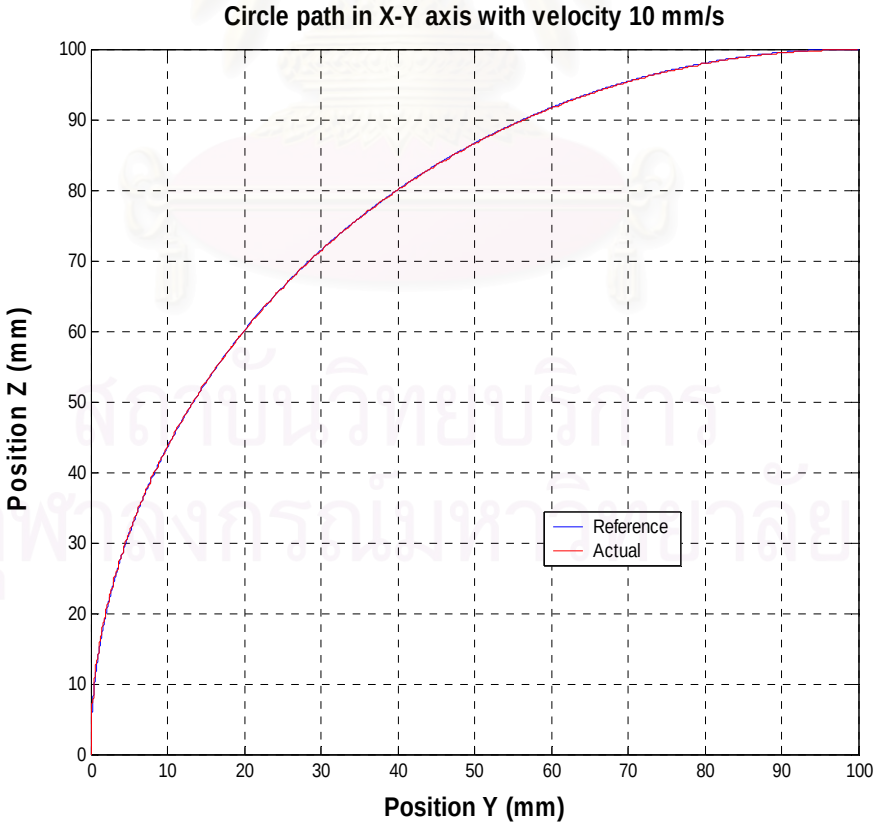
รูปที่ 5.14 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม

จากรูปที่ 5.15 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และวายที่เวลาต่าง ๆ โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน และจากรูปที่ 5.16 แสดงตำแหน่งตามทางเดินในแนวแกนเอ็กซ์และวาย โดยแสดงเส้นกราฟของตำแหน่งจริง กับค่าอ้างอิงตามแนวทางเดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



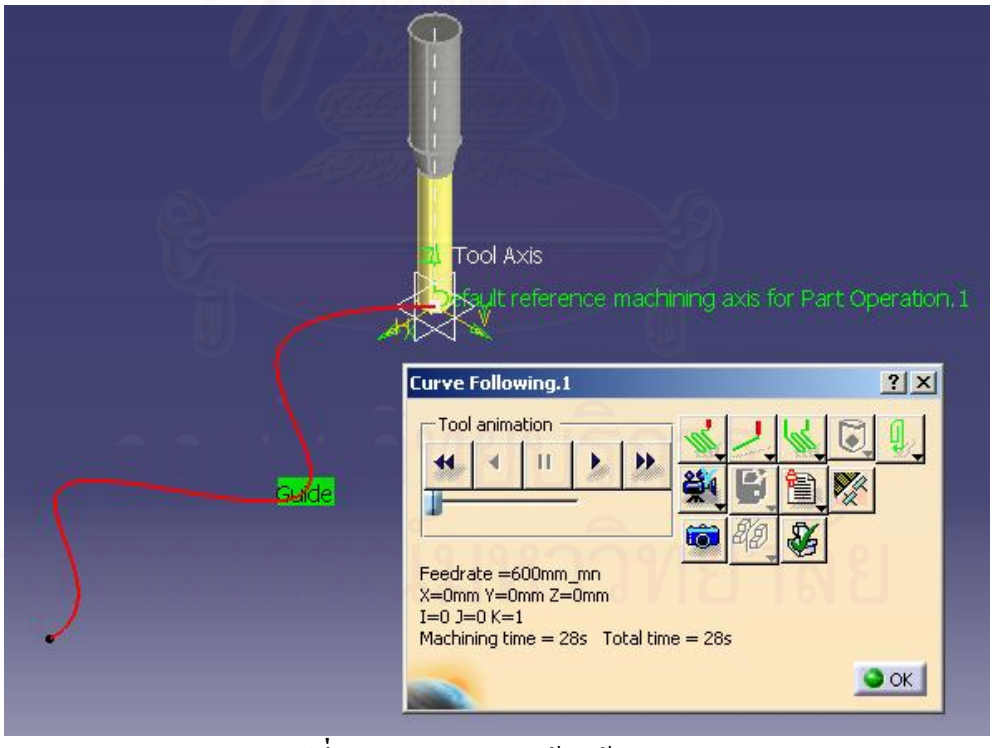
รูปที่ 5.16 ตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย

5.3 การทดสอบแปลเอ็นซีโค้ดที่สร้างจากโปรแกรม CAD/CAM

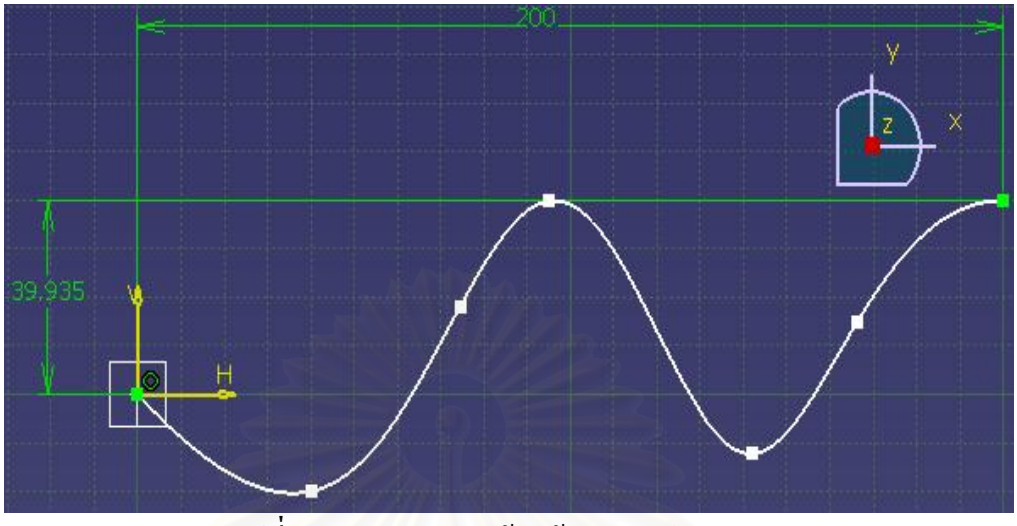
การทดสอบในส่วนนี้ผู้วิจัยได้สร้างชิ้นงานทดสอบด้วยโปรแกรม CAD/CAM ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 2 โปรแกรมคือ CATIA V5R14 และ Unigraphics V 18.0 โดยใช้โปรแกรมทั้งสองสร้างชิ้นงานและสร้างโปรแกรมเอ็นซีโค้ด

5.3.1 โปรแกรมทดสอบที่1

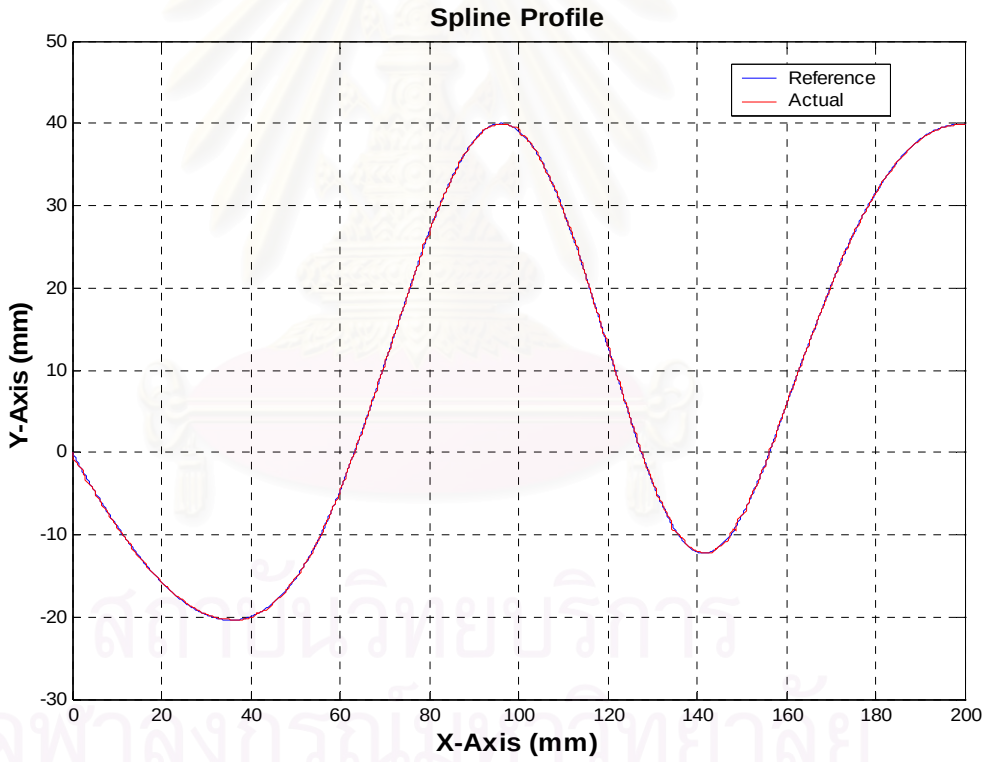
เป็นโปรแกรมการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้ง เพื่อทำการทดสอบการทำงานในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (G02-G03), การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90) และหน่วยมาตราเมตริก (G21) โดยใช้โปรแกรม CATIA V5R14 สร้างเส้นโค้ง และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 40 บรรทัด



รูปที่ 5.17 ลักษณะของเส้นโค้งทดสอบ



รูปที่ 5.18 ลักษณะของเส้นโค้งทดสอบในสองมิติ

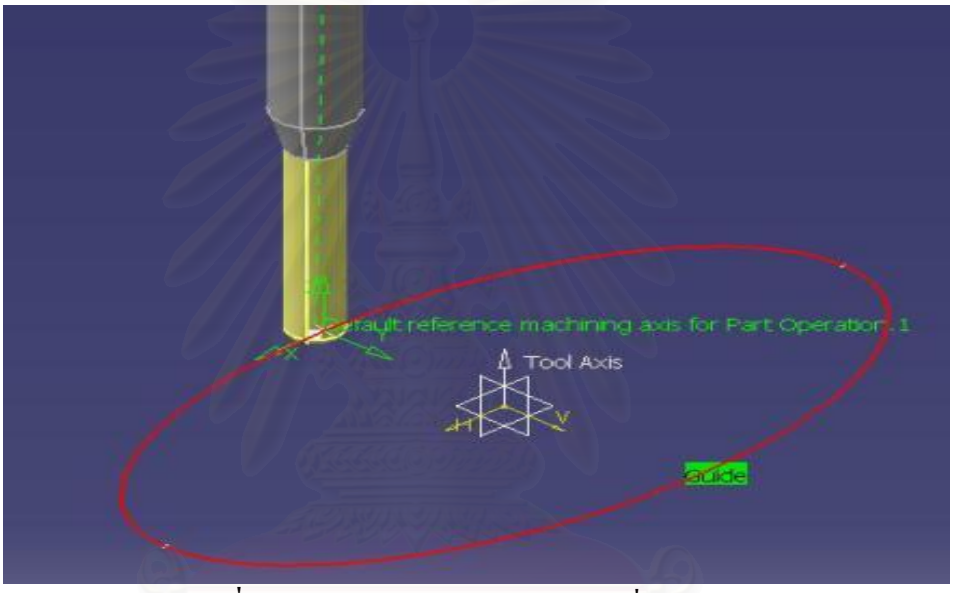


รูปที่ 5.19 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

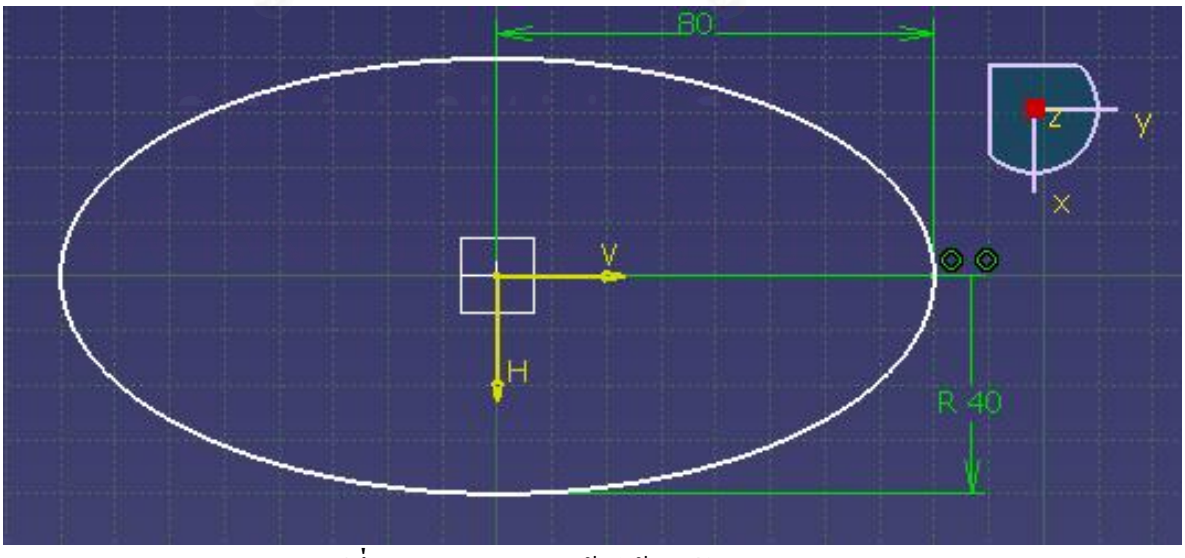
ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสองแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสองมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.19

5.3.2 โปรแกรมทดสอบที่ 2

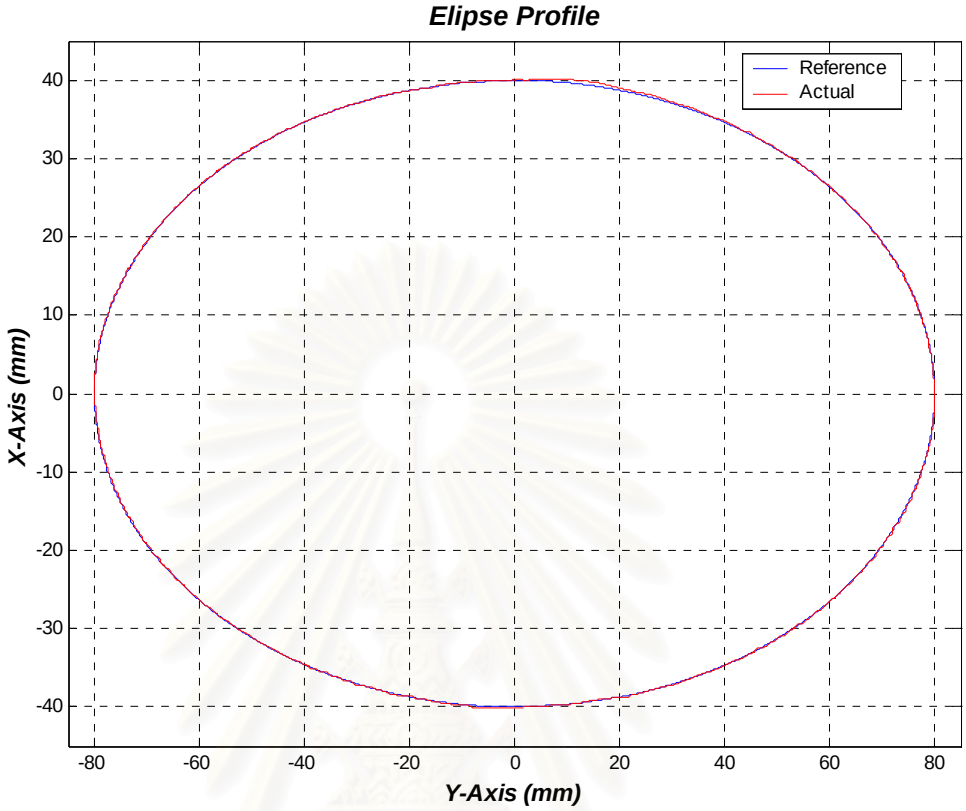
เป็นโปรแกรมการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งวงรี เพื่อทำการทดสอบการทำงานในส่วนของการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (G03), การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90) และหน่วยมาตราเมตริก (G21) โดยใช้โปรแกรม CATIA V5R14 สร้างวงรี และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 37 บรรทัด



รูปที่ 5.20 ลักษณะของเส้นทางเดินวงรีที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 5.21 ลักษณะของเส้นโค้งวงรีใน 2 มิติ

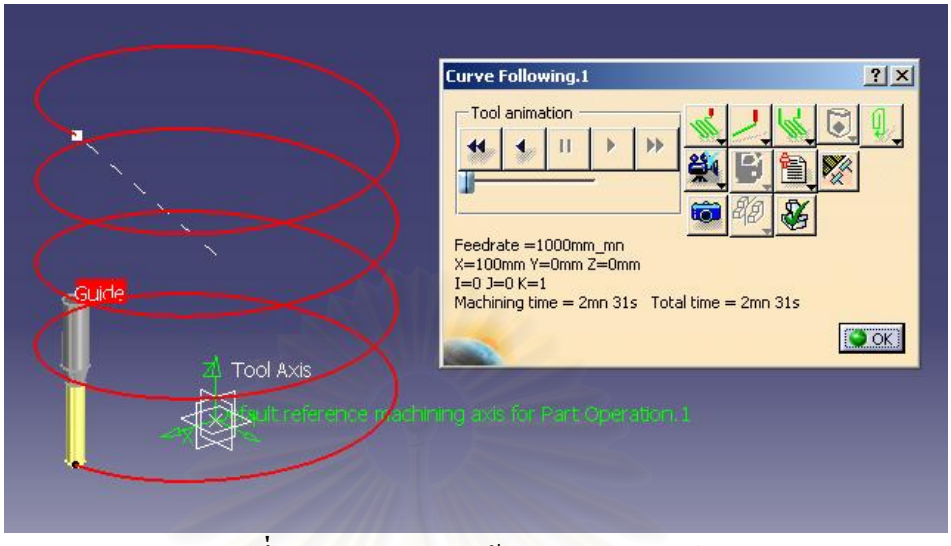


รูปที่ 5.22 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นวงรีของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

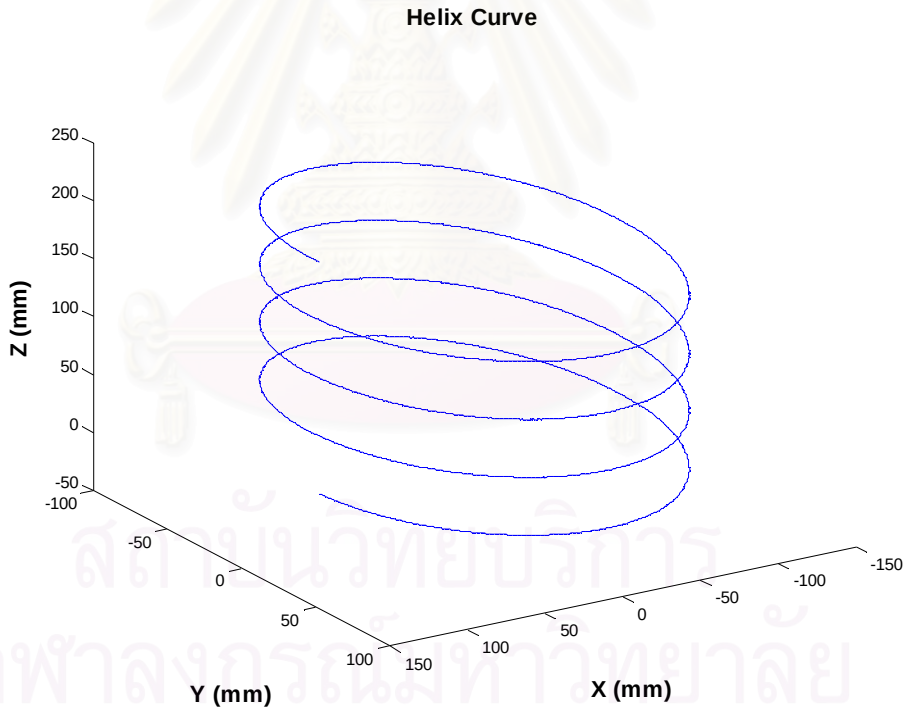
ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสองแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสองมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.22

5.3.3 โปรแกรมทดสอบที่ 3

เป็นโปรแกรมการเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งในสามมิติ ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียว (Helical) มีจุดเริ่มต้นที่จุด (100,0,0) จุดสิ้นสุดที่จุด (100,0,200) เส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ระยะพิท 50 มิลลิเมตร โดยประกอบด้วยการทำงานในส่วนของการเคลื่อนที่เร็ว (G00), การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90) และหน่วยมาตราเมตริก (G21) โดยใช้โปรแกรม CATIA V5R14 สร้างเส้นโค้งในสามมิติ และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 324 บรรทัด



รูปที่ 5.23 ลักษณะของเส้นทางเดินแบบเกลียว



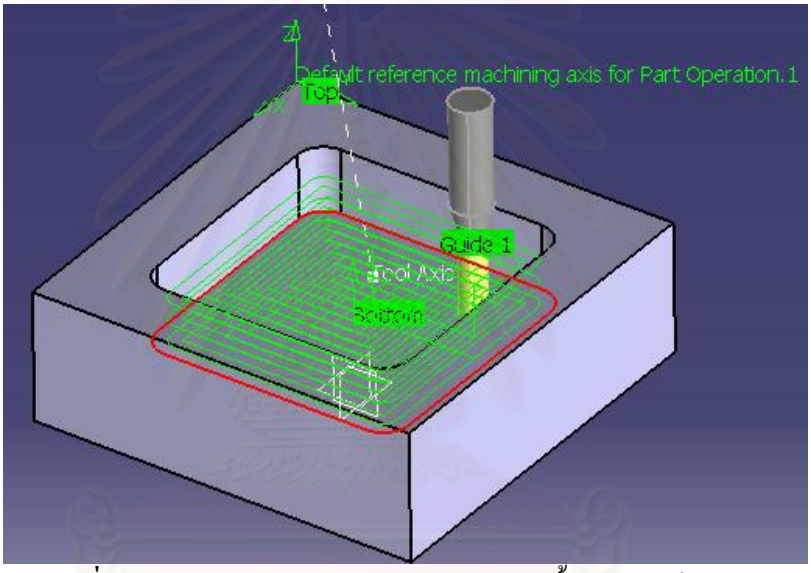
รูปที่ 5.24 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสามแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสามมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.24

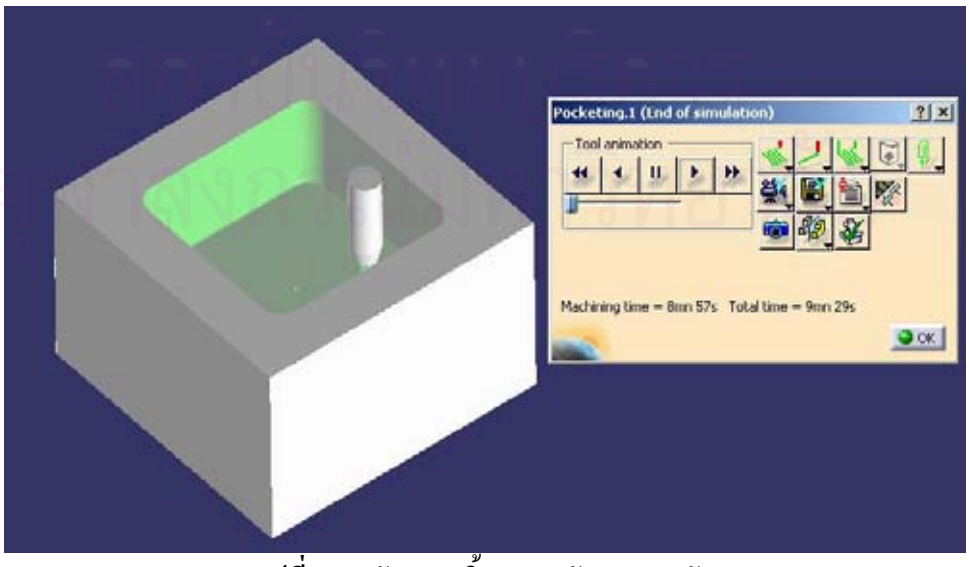
5.3.4 โปรแกรมทดสอบที่ 4

เป็นโปรแกรมเพื่อกัดชิ้นงานให้เป็นหลุม (Pocket) โดยใช้โปรแกรม CATIA V5R14 สร้างชิ้นงาน และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด ประกอบด้วยการทำงานในส่วนของการเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90), หน่วยมาตราเมตริก (G21), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเคลื่อนที่แบบเร็ว (G00), การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01), การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (G03)

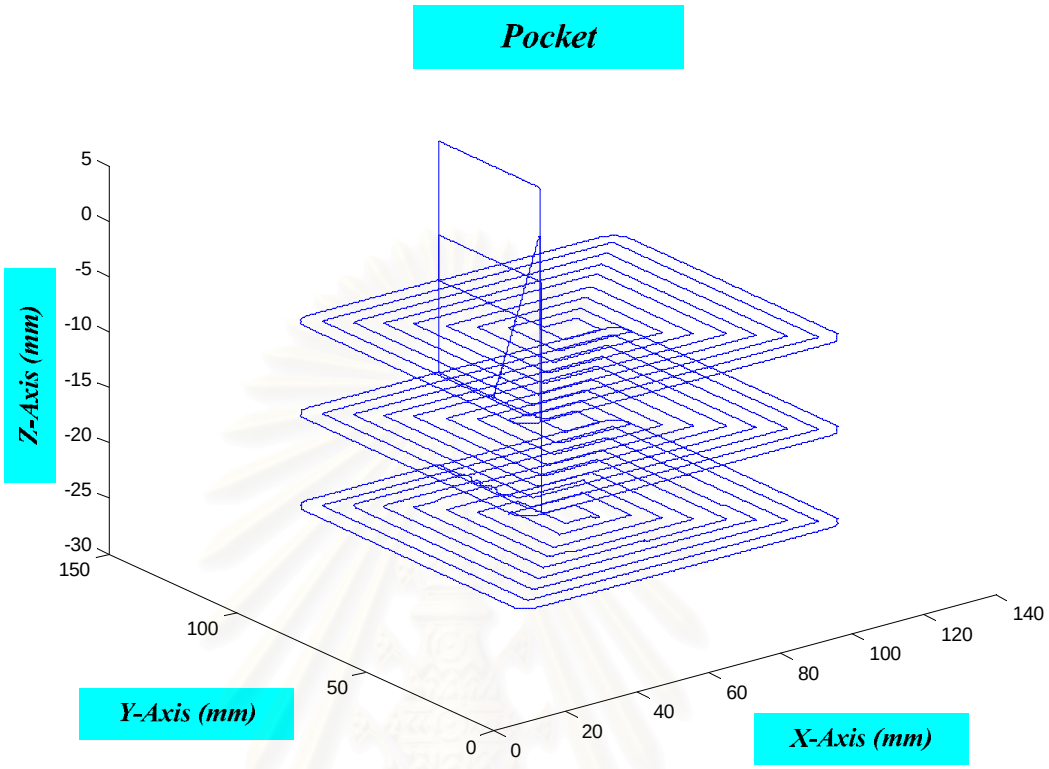
โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 210 บรรทัด



รูปที่ 5.25 ลักษณะของเส้นทางเดินในการกัดชิ้นงานให้เป็นหลุม



รูปที่ 5.26 ลักษณะชิ้นงานหลังจากการกัด

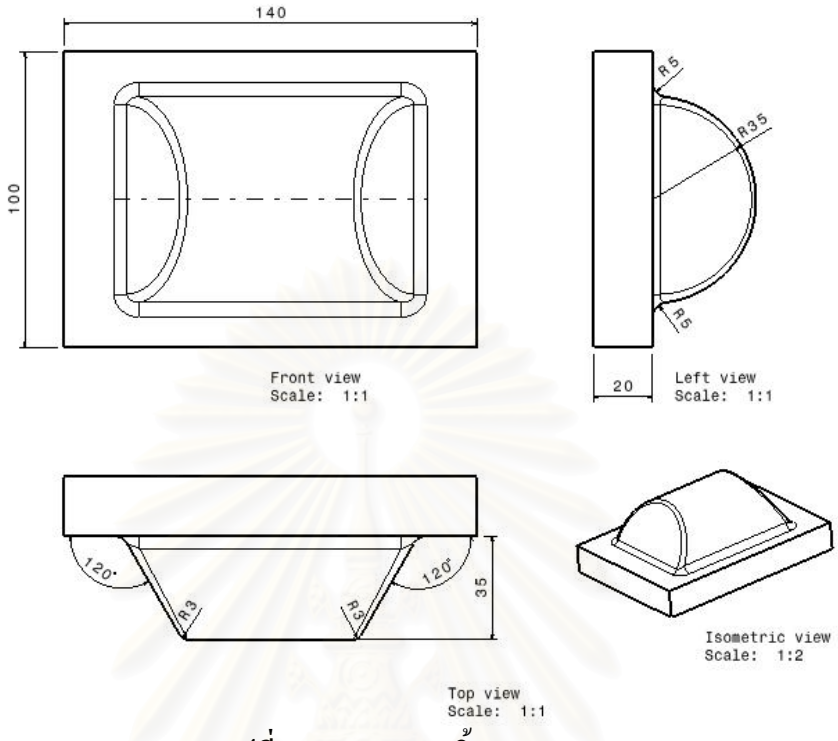


รูปที่ 5.27 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

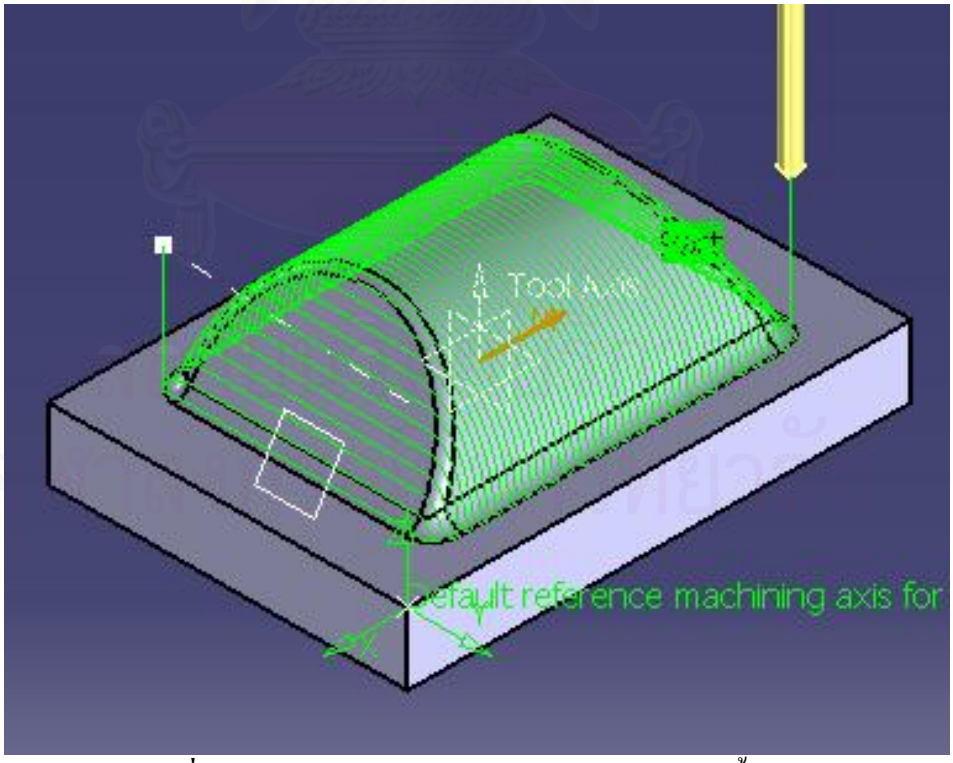
ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสามแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสามมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.27

5.3.5 โปรแกรมทดสอบที่ 5

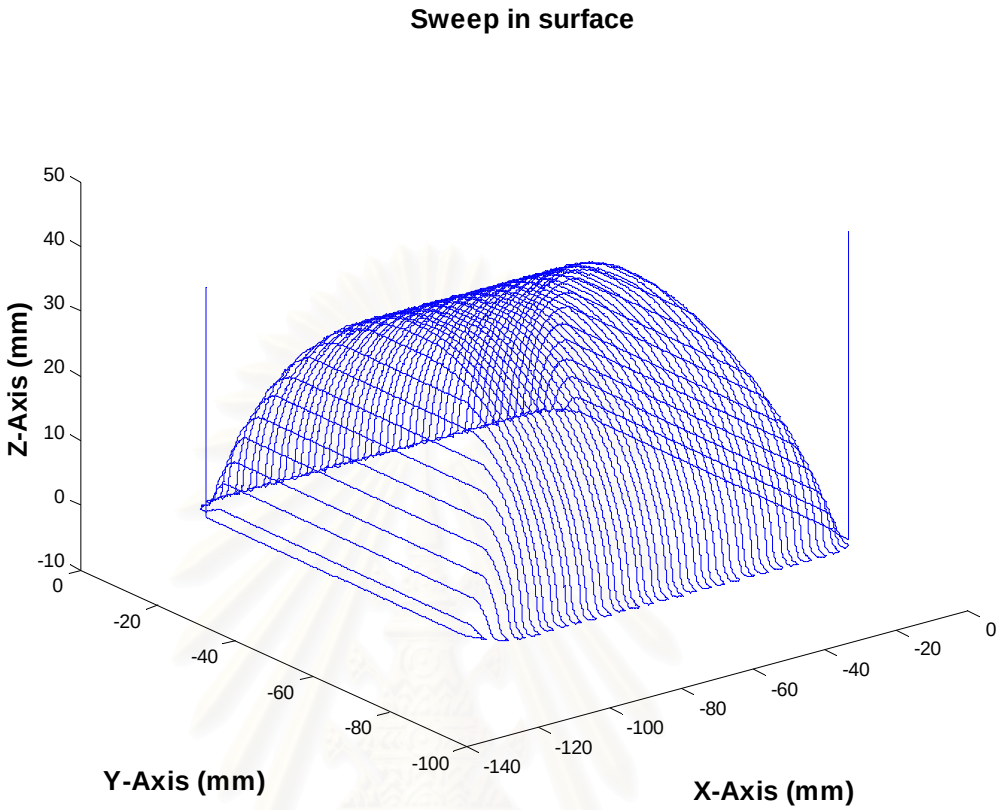
เป็นโปรแกรมเพื่อกัดผิวหน้าชิ้นงานให้มีรูปร่างตามพื้นผิวที่ต้องการ (Sweeping) ซึ่งเป็นขั้นตอนหลังจากการกัดหยาบให้ชิ้นวัสดุมีรูปร่างใกล้เคียงชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว โดยใช้โปรแกรม CATIA V5R14 สร้างชิ้นงาน และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด ประกอบด้วยการทำงานในส่วนของการเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90), หน่วยมาตราเมตริก (G21), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเคลื่อนที่แบบเร็ว (G00) และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01) โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 2645 บรรทัดโดยทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดมีลักษณะดังรูปที่ 5.29



รูปที่ 5.28 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ



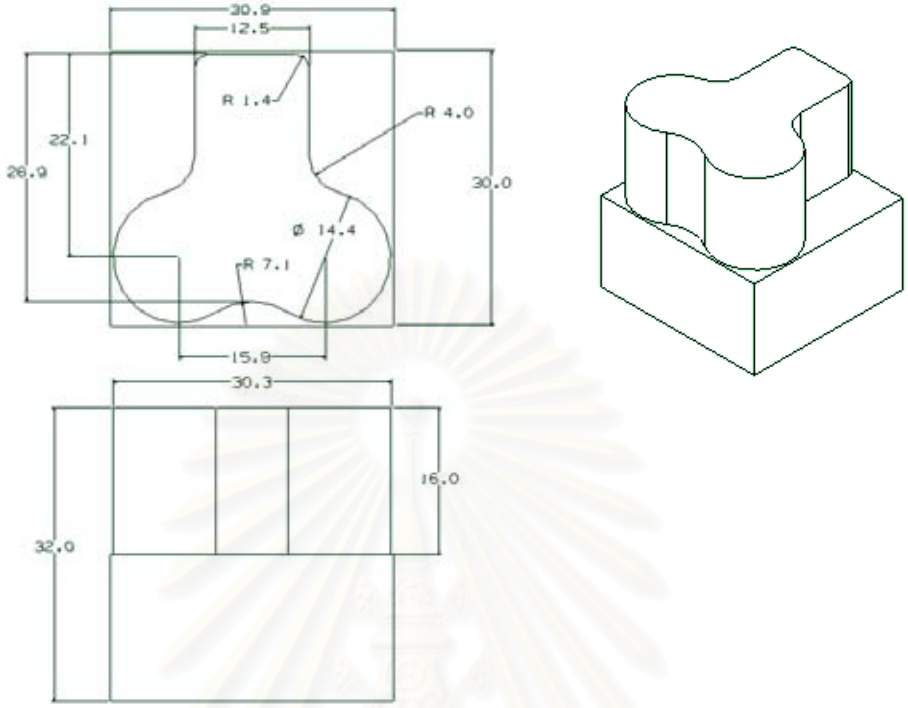
รูปที่ 5.29 ลักษณะของเส้นทางเดินในการกัดผิวหน้าชิ้นงาน



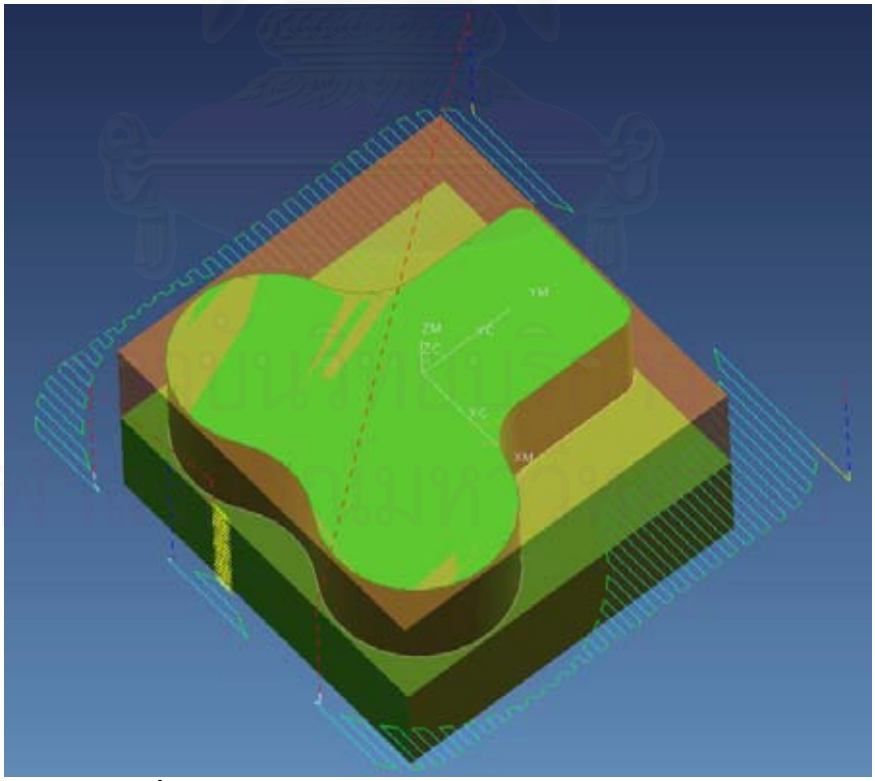
รูปที่ 5.30 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

5.3.6 โปรแกรมทดสอบที่ 6

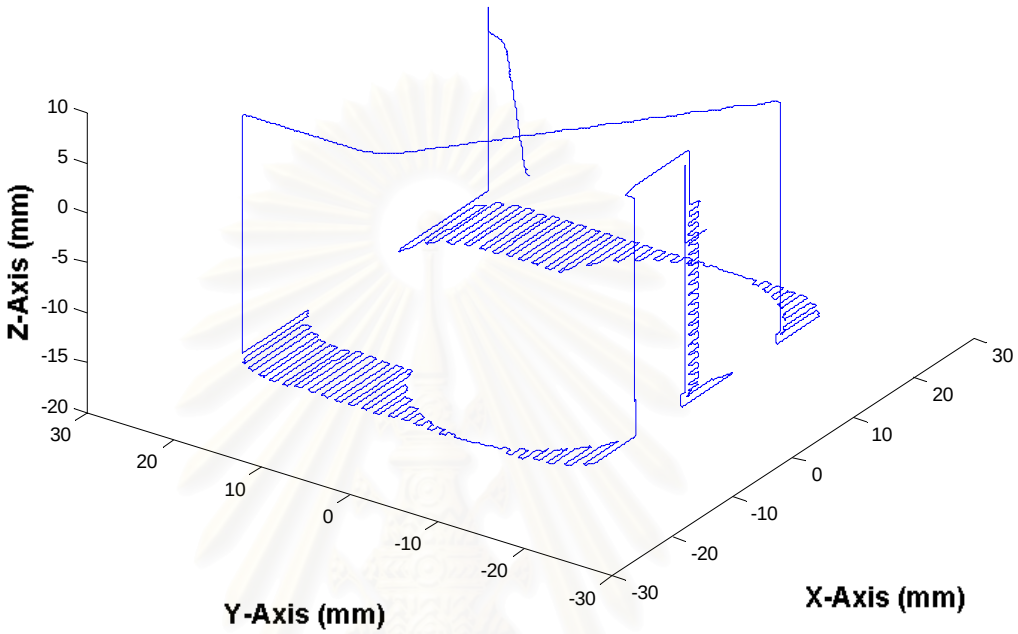
การทดสอบในส่วนนี้ โค้ดที่ใช้เป็นการกัดหยาบ เพื่อตัดเฉือนชิ้นงานดิบให้มีลักษณะใกล้เคียงกับชิ้นงานสำเร็จ โดยใช้ทูลแบบ End Mill ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร การเคลื่อนที่ในการกัดเป็นแบบสลับฟันปลา ในระนาบเอ็กซ์วาย ระยะความห่างระหว่างขั้น 0.75 มิลลิเมตร อัตราป้อน 300 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยใช้โปรแกรม Unigraphic V.18 สร้างชิ้นงาน และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด ซึ่งประกอบด้วยการทำงานในส่วนของการเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90), หน่วยมาตราเมตริก (G21), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเคลื่อนที่แบบเร็ว (G00) และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (G01) โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 354 บรรทัด โดยทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดมีลักษณะดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.31 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ



รูปที่ 5.32 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดในการกัด



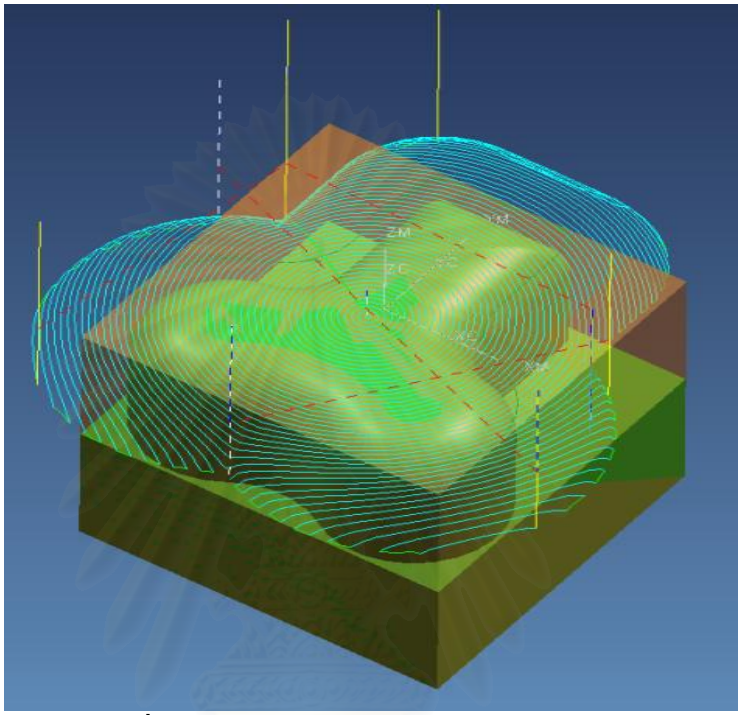
รูปที่ 5.33 เส้นทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดในสามมิติ

ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสามแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสามมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.33 พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดในการกัด ในรูปที่ 5.32

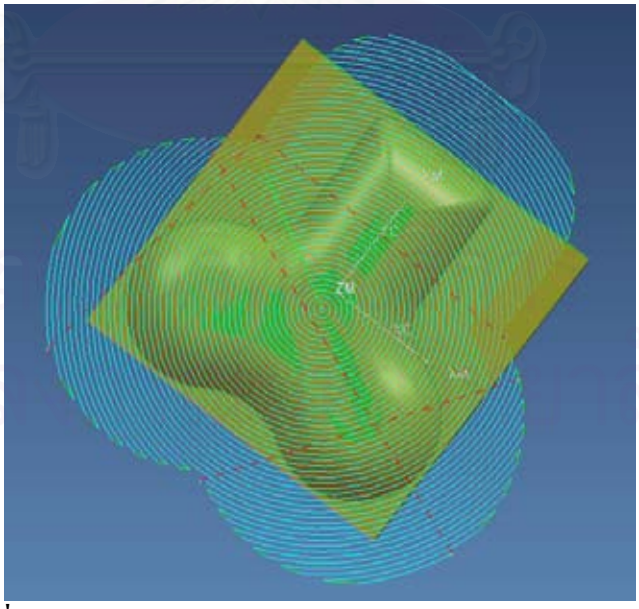
5.3.7 โปรแกรมทดสอบที่ 7

การทดสอบในส่วนนี้ เป็นการกัดทางด้านบนชิ้นงานดิบให้มีลักษณะโค้งมนตามการลบมุมของชิ้นงานสำเร็จ โดยใช้รัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร โดยใช้ทูลแบบ End Mill ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร การเคลื่อนที่ในการกัดเป็นแบบสลับฟันปลา วนเข้าสู่กลางชิ้นงาน ระยะความห่างระหว่างขั้น 0.75 มิลลิเมตร อัตราป้อน 300 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยใช้โปรแกรม Unigraphic V.18 สร้างชิ้นงาน และโปรแกรมเอ็นซีโค้ด โดยประกอบด้วยการทำงานในส่วนของการเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน (G54), ระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ (G90), หน่วยมาตราเมตริก (G21), ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน (G17), การเคลื่อนที่แบบเร็ว (G00) และการเคลื่อนที่ในแนว

เส้นตรง (G01) โปรแกรมเอ็นซีโค้ดที่ทำการแปลทั้งหมด 1964 บรรทัด โดยทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดมีลักษณะดังรูปที่ 5.34

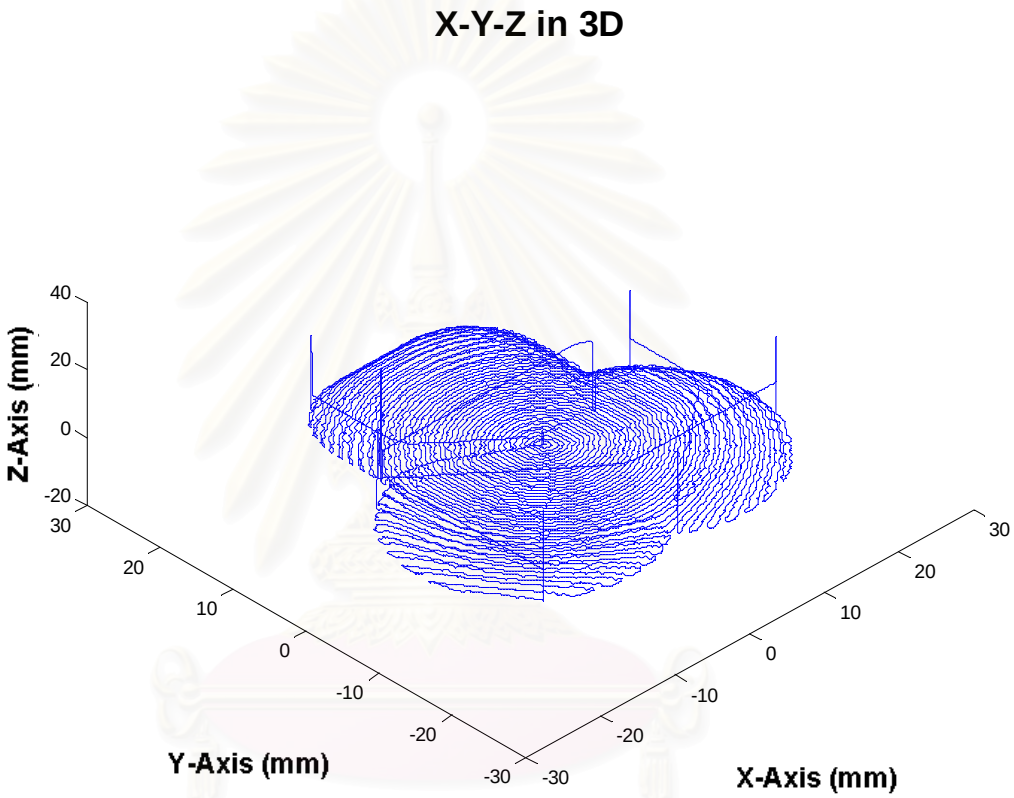


รูปที่ 5.34 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ด



รูปที่ 5.35 ลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ด มุมมองด้านบน

ในการทดลองนี้ได้ทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสามแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟสามมิติ ดังที่แสดงในรูปที่ 5.36 พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดในการกัด 3 มิติ ในรูปที่ 5.34



รูปที่ 5.36 เส้นทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซดในสามมิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมแปลรหัสเอ็นซี และนำข้อมูลที่ได้จากการแปลนั้นมาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด โดยโปรแกรมพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2003 บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 2000 โดยมี 2 ส่วน คือ

1. โปรแกรมส่วนจำลองแบบทางเดินของการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ซึ่งในโปรแกรมนี้จะใช้ส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด จะต่างกันตรงการนำข้อมูลจากการแปลมาใช้จำลองการเคลื่อนที่ จึงทำให้สามารถรู้ทางเดินที่จะเกิดขึ้น ก่อนการควบคุมจริง

2. โปรแกรมส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ทำหน้าที่แปลเอ็นซีโค้ด และควบคุมการเคลื่อนที่โต๊ะเอ็กซ์วายแซด โดยอาศัยข้อมูลจากการแปล

โดยชุดคำสั่งจีโค้ดที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ การเคลื่อนที่แบบเร็ว(G00) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง(G01) การเคลื่อนที่ในแนวโค้งตามเข็มนาฬิกา(G02) การเคลื่อนที่ในแนวโค้งทวนเข็มนาฬิกา(G03) การหยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด(G04) ระบบอ้างอิงระนาบทำงาน(G17–G19) ระบบอ้างอิงหน่วยมาตราเมตริกและมาตราอังกฤษ(G20,G21) การเลื่อนโคออร์ดิเนตการทำงาน(G54–G59) และระบบการอ้างอิงแบบสัมบูรณ์ และการอ้างอิงสัมพัทธ์(G90,G91)

จากการทดสอบการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ไปตามทางเดินที่กำหนดจากการแปลเอ็นซีโค้ดเพียงคำสั่งเดียว และการทดสอบแปลเอ็นซีโค้ดที่สร้างจากโปรแกรม CAD/CAM 2 โปรแกรมคือ CATIA V5R14 และUnigraphics V18.0 พบว่าสามารถทำการแปลโค้ดจากไฟล์ และสั่งให้โต๊ะเอ็กซวายแซดเคลื่อนที่ตามเส้นทางเดิน ทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ทั้งสามแนวแกนที่เวลาต่าง ๆ นำจุดที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ แล้วมีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะทางเดินในการสร้างเอ็นซีโค้ดในการกัด

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่า สิ่งที่ควรปรับปรุงให้การควบคุมและระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ

6.2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการ์ด

การ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดตำแหน่ง และแปลงสัญญาณจากดิจิตอลไปเป็นอนาลอก สามารถมี Sample frequency ได้แค่ประมาณ 300 เฮิร์ท ซึ่งน้อยเกินไปในการควบคุม ทำให้ผลที่ได้ไม่ดีนัก จึงควรเปลี่ยนการ์ด

6.2.2 การปรับปรุงความถูกต้องในการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

เนื่องจากชุดโต๊ะเอ็กซ์วายแซด แกนเอ็กซ์ และแกนวายใช้สลิงช่วยส่งกำลัง เมื่อจะทำการเคลื่อนที่ควรตรวจสอบความตึงของสลิง

โครงสร้างแกนเอ็กซ์ทำจากอลูมิเนียม และค่อนข้างยาว ทำให้โครงสร้างสามารถบิดงอได้ ซึ่งอาจทำการปรับปรุงโดยเพิ่มส่วนการขับเคลื่อนโดยสลิงทั้งสองฝั่งของโครงสร้าง

6.2.3 การเพิ่มขีดความสามารถในการนำไปใช้งาน

เพิ่มเติมจำนวนคำสั่งสำหรับการทำงานของเครื่องจักร เช่นความสามารถในการทำโปรแกรมย่อย หรือรอบการทำงาน และรหัสเอ็ม เนื่องจากการออกแบบและเน้นด้านการเคลื่อนที่จึงแปลแต่รหัสจี ไม่ได้ทำการแปลรหัสเอ็ม

ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบประมวลผลกลาง (CPU) 1 ตัว ทำการแปล และควบคุมการเคลื่อนที่ไปพร้อมๆกัน โดยทำการแปลโปรแกรมเอ็นซีทีละ 1 บรรทัด เมื่อได้ชุดคำสั่งจะส่งไปสั่งการทันทีไม่มีการแปลข้อมูลล่วงหน้าไว้ ทำให้ระหว่างแต่ละบรรทัดในการแปลเกิดการหยุดชะงัก อาจปรับปรุงโดยเพิ่มการแปลข้อมูลล่วงหน้า และใช้ระบบประมวลผลแยกกันระหว่างการแปล กับการควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Dong-Il Kim; Sungkwun Kim. An Iterative Learning Control Method with Application for CNC Machine Tools. Industry Applications, IEEE Transactions on, 32, 1 (Jan.-Feb. 1996) : 66 – 72.

[2] Masood, T.; Mubashar, A.; Jawad Khan, M.A. Techniques used in the simulation and control of PROTEC computer numerically controlled (CNC) machine software. Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2002 IEEE International Conference on, 1 (11-14 Dec. 2002) : 504 – 509.

[3] Eun-Chan Park; Hyuk Lim; Chong-Ho Choi. Position control of X-Y table at velocity reversal using presliding friction characteristics. Control Systems Technology, IEEE Transactions on, 11, 1 (Jan. 2003) :24 – 31.

[4] Steve Krar, Arthur Gil. CNC : technology and programming. International editions New York : McGraw-Hill, 1990.

[5] Robert D. Smith. Mathematics for machine technology. 4th edition Albany, N.Y. : Delmar Publishers, 1999.

[6] Kate Gregory. Special Edition Using Visual C++ 6. USA : QUE, 1998.

[7] วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. การควบคุมระบบพลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

[8] อำนาจ ทองแสน. การเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.

[9] ธเนศ เรื่องธุรกิจ, วิบูลย์แสงวีระพันธุ์ศิริ. เทคนิคการควบคุมแบบดิจิตอลสำหรับติดตามคอนทัวร์ 3 มิติ. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 11, 2540.

[10] วันชัย ธีรพัฒน์พร, วิบูลย์แสงวีระพันธุ์ศิริ. โปรแกรมถอดรหัสเอชพีจีแอลสำหรับโต๊ะเอ็กซ์วายแซด. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 11, 2540.

[11] ณวัชร์ พงศ์พานิช. การจำลองการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซีบนเครื่องคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ส่วนประกอบของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor)

ใช้ของยี่ห้อ Electro Craft โดยมอเตอร์ที่ใช้มี 2 รุ่นคือ แกนเอ็กซ์และวายใช้รุ่น E 586-MGHP ที่ตัวมอเตอร์จะติดตั้งชุดเฟื่องทดอัตราทด 1:100 ส่วนแกนแซดใช้รุ่น E 588 รายละเอียดของมอเตอร์สามารถดูได้จาก

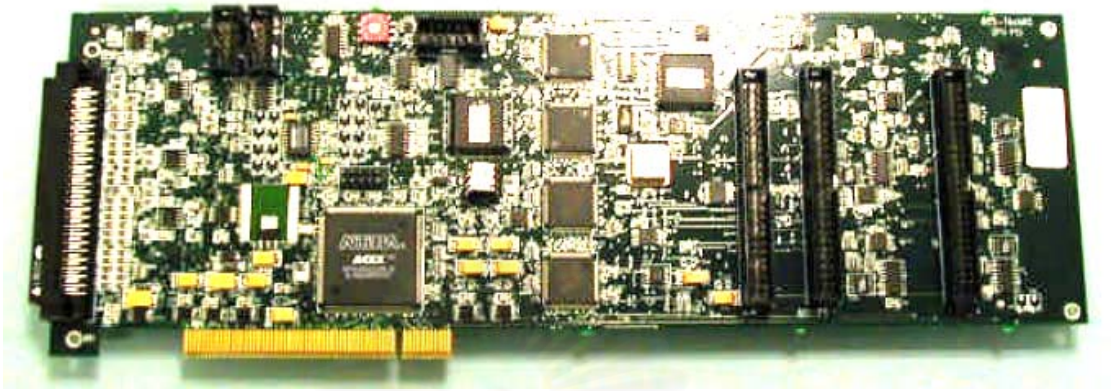
2. ออปติคอลลิเนียร์เอนโคดเดอร์ (Optical linear encoder)

เป็นอุปกรณ์วัดตำแหน่งโดยใช้หลักการของแสงตัดผ่านช่องให้สัญญาณ ที.ที.แอล รูปสี่เหลี่ยม 2 ช่อง ซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา และจากสัญญาณทั้ง 2 ช่อง สามารถนำไปใช้บอกตำแหน่งโดยผ่านการ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดตำแหน่ง สำหรับออปติคอลลิเนียร์เอนโคดเดอร์ที่ใช้เป็นยี่ห้อ Anilam มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร แกนเอ็กซ์และวาย มีความยาว 1050 มิลลิเมตร ส่วนแกนแซด มีความยาว 650 มิลลิเมตร

รูปที่ ก.1 อุปกรณ์วัดตำแหน่ง

3. การ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดตำแหน่ง และแปลงสัญญาณจากดิจิตอลไปเป็นอนาลอก (Counter Card and D/A Output Card)

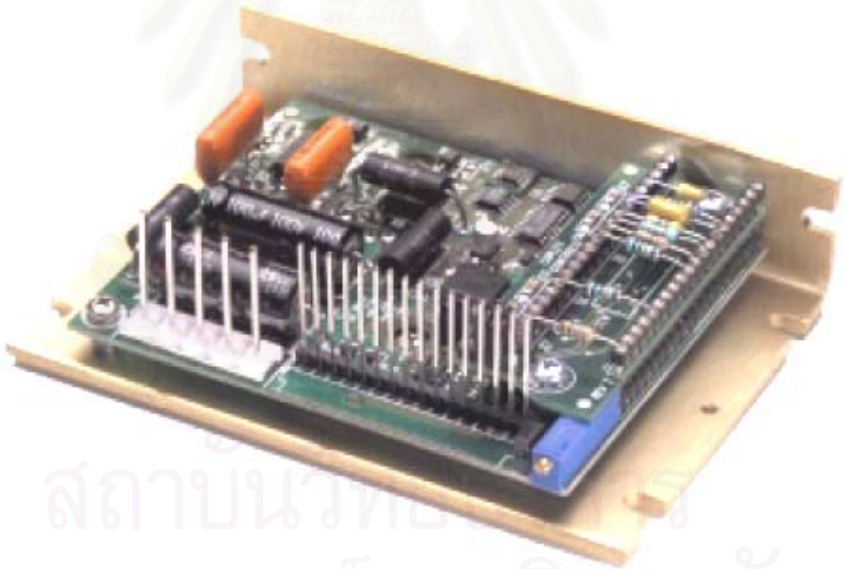
ใช้ของยี่ห้อ ACS Tech80 รุ่น SPiiPCI-E4 ซึ่งสามารถต่อกับอุปกรณ์วัดตำแหน่งได้ทั้งหมด 4 ตัว และสามารถส่งสัญญาณออกได้ 4 ช่อง



รูปที่ ก.2 การ์ดนับค่าอุปกรณ์วัดมุม

4. ชุดขยายกระแสขับมอเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor Drive Amplifier)

ใช้ของยี่ห้อ Copley Controls รุ่น 4122P โดยที่สามารถจ่ายกระแสต่อเนื่องได้สูงสุด 10 แอมแปร์



รูปที่ ก.3 ชุดขยายกระแสขับมอเตอร์กระแสตรง

5. โต๊ะเอ็กซ์วายแซด (XYZ-table)

เป็นโต๊ะระนาบที่มีการเคลื่อนที่ 3 แนวตั้งฉากกันโครงสร้างทำจากอลูมิเนียม และเหล็ก แกนเอ็กซ์และวายใช้ตลับลูกปืนเป็นลูกล้อในการเคลื่อนที่ ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านชุดเฟืองทดและระบบล้อสายพานโดยใช้สลิง แกนเอ็กซ์สามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 950

มิลลิเมตร แกนวายสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 1000 มิลลิเมตร ส่วนแกนแซดใช้ระบบส่งกำลังผ่านลิเนียร์บอลสกรู ซึ่งสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 450 มิลลิเมตร

รูปที่ ก.4 ชุดโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

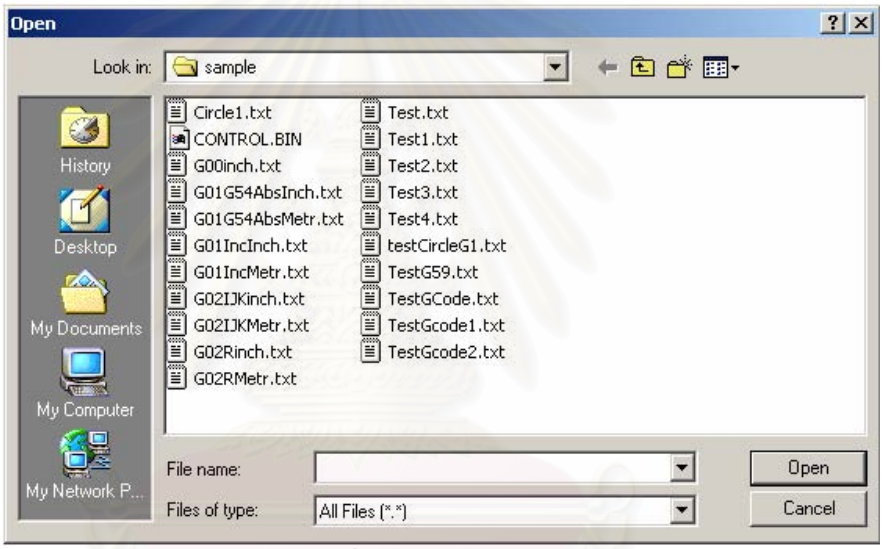
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้โปรแกรม

1.การเปิดไฟล์ข้อมูลจีโค้ด

1. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้ว เลือกที่เมนู File ->Open หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+O หรือกดที่ปุ่ม จะปรากฏหน้าต่างเพื่อให้ระบุชื่อไฟล์ที่ต้องการเปิด ดังรูป ข.1



รูปที่ ข.1 หน้าต่าง Open

2. เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ หรือพิมพ์ชื่อไฟล์ลงในช่อง File name แล้วกดปุ่ม

3. โปรแกรมจะเปิดไฟล์ข้อมูลขึ้นมา พร้อมสำหรับการทำงานต่อไป

4. ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลตัวอักษรได้ สามารถพิมพ์โค้ดเพิ่ม หรือลบโค้ดที่ไม่ต้องการได้ และยังสามารถใช้คำสั่ง Cut, Copy, Paste ช่วยในการแก้ไขข้อมูล

5. หลังจากมีการแก้ไขข้อมูลในไฟล์แล้ว ควรทำการบันทึกไฟล์นั้นก่อนทำการแปลจีโค้ด

6. เมื่อต้องการบันทึกการแก้ไขโค้ดไว้ในไฟล์เดิม ให้เลือกที่เมนู File -> Save หรือกดคีย์บอร์ด Ctrl+S หรือกดที่ปุ่ม

7. เมื่อต้องการบันทึกการแก้ไขโค้ดโดยเปลี่ยนชื่อไฟล์ ให้เลือกที่เมนู File -> Save As จะปรากฏหน้าต่างให้ป้อนชื่อ เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ หรือพิมพ์ชื่อไฟล์ลงในช่อง File name แล้วกดปุ่ม

2.การเชื่อมต่อการ์ด Counter / DAC และการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงของเครื่องจักร (Machine Reference point)

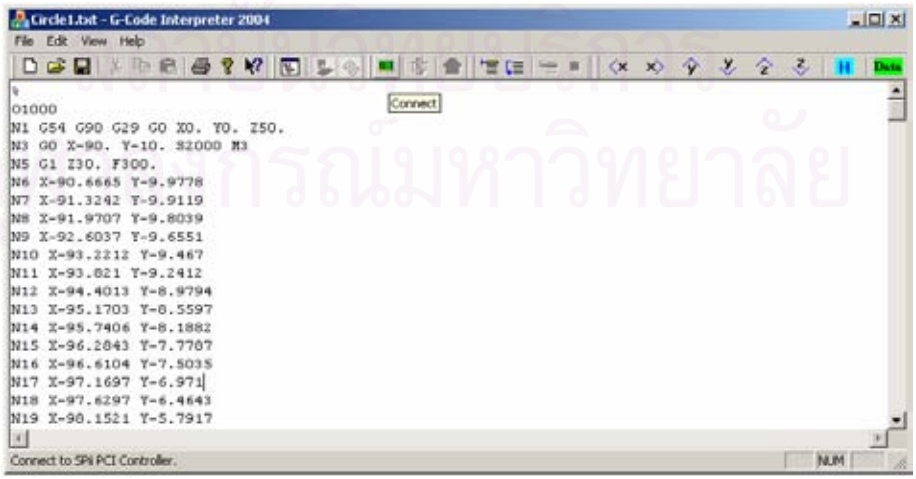
1. หลังจากทำการเปิดไฟล์ข้อมูล จะทำการเชื่อมต่อการ์ด Counter / DAC กับคอมพิวเตอร์ และการกำหนดค่าเริ่มต้นของการ์ด Counter / DAC โดยกดปุ่ม Connect จะมีจุดสังเกตว่าทำการเชื่อมต่อการ์ดกับคอมพิวเตอร์ได้สำเร็จ ตรงที่ไฟแสดงสถานะของชุดขยายกระแสขับมอเตอร์กระแสตรงจะขึ้นไฟสัญญาณสีเขียว และไม่มีไดอะลอก เตือนว่าเกิดความผิดพลาดดังรูปที่ ข.2

รูปที่ ข.2 ความผิดพลาดการเชื่อมต่อการ์ด Counter / DAC

2. ทำการเริ่มการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด โดยการกดปุ่ม Start Control

3. ใช้ปุ่มในส่วนของ Jog mode ในการเคลื่อนที่แกนทั้ง 3 แกน หรือกดปุ่ม Home เพื่อเคลื่อนที่ทุกแกนให้กลับมาอยู่ในตำแหน่ง Home

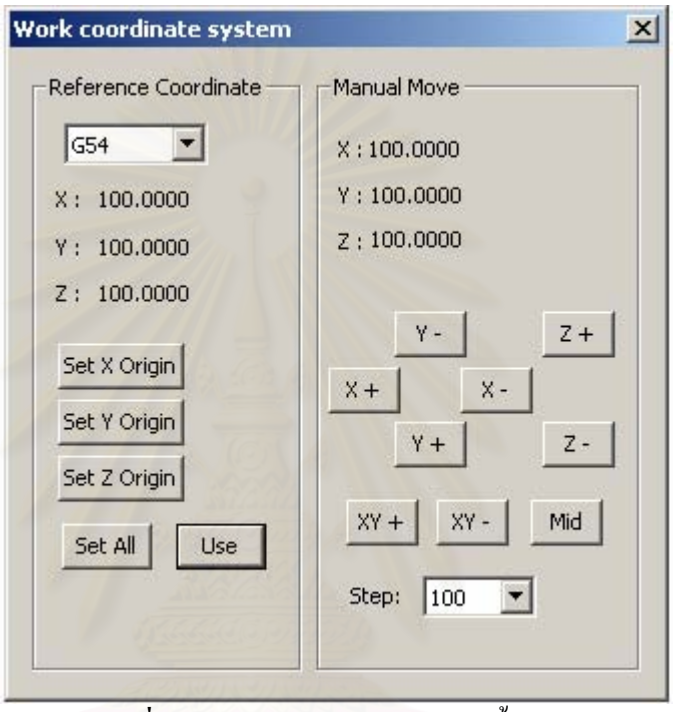
4.เมื่อทุกแกนเคลื่อนที่เข้ามาอยู่ที่ตำแหน่ง Home แล้วกดปุ่มเซ็ต Home เพื่อจะกำหนดค่าตำแหน่งเริ่มต้น (0,0,0) ให้กับเครื่องจักร



รูปที่ ข.3 การเชื่อมต่อการ์ดควบคุม

3.การชดเชยโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน (การปรับตั้งจุดศูนย์หรือจุดอ้างอิงของชิ้นงาน : G54 – G59)

1. หลังจากการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของเครื่องจักรแล้ว เมื่อต้องการกำหนดจุดอ้างอิงของชิ้นงาน ทำได้โดยเลือกที่เมนู View -> Reference Position จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 การกำหนดจุดอ้างอิงของชิ้นงาน

2. ในการเคลื่อนที่แกนทั้ง 3 สามารถใช้ในส่วนของ Manual Move โดยเลือกระยะการเคลื่อนที่ ตรง Step : ซึ่งมีค่าตั้งแต่ .1 – 500 มิลลิเมตร

3. เมื่อเลือกระยะการเคลื่อนที่แล้ว ให้กดปุ่มเลือกทิศทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการ เช่น X +, X -

4. เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการของแต่ละแกนแล้ว กำหนดจุดอ้างอิงของชิ้นงาน โดยเลือกระบบการชดเชยโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน เช่น G54

5. ให้กดปุ่ม Set X Origin, Set Y Origin, Set Z Origin หรือ Set All เพื่อเลือกค่าตำแหน่งที่ต้องการให้เป็นค่าตำแหน่งศูนย์ของโปรแกรมในแต่ละแกน

6. กดปุ่ม Use เพื่อเก็บค่าตำแหน่งนี้ไว้ใช้ในการอ้างอิงการเคลื่อนที่ต่อไป

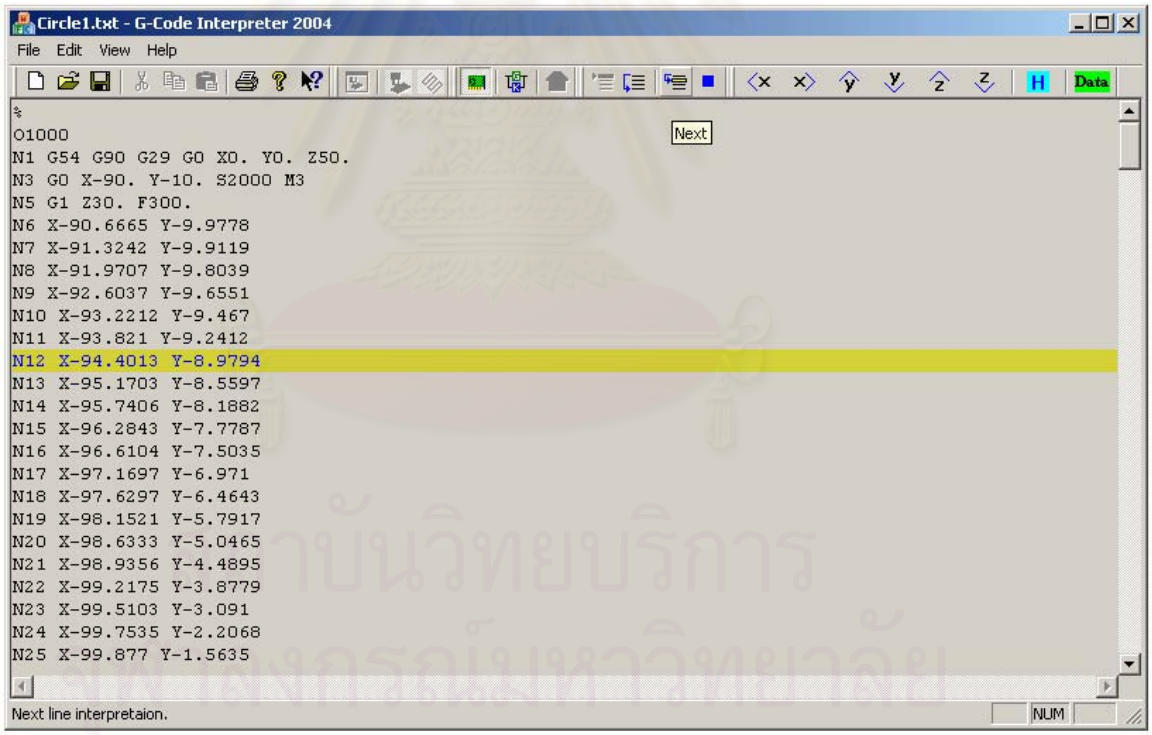
4.การแปลจีโค้ด และควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

1. ก่อนทำการแปลจีโค้ดและควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด หากต้องการจะเก็บค่าตำแหน่งและความเร็วที่ได้จากการเคลื่อนที่ของทั้ง 3 แกน ให้กดปุ่ม Data

2.หลังจากทำการกำหนดค่าตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม สามารถทำการเริ่มแปลจีโค้ดโดยกดปุ่ม Step ซึ่งจะทำการแปลจีโค้ดทีละบรรทัด หรือกดปุ่ม Continuous ซึ่งจะทำการแปลจีโค้ดอย่างต่อเนื่อง

3. หากกดปุ่ม Step เมื่อจบการทำงานในแต่ละบรรทัดแล้ว จะต้องกดปุ่ม F11 หรือกดปุ่ม Next เพื่อทำการแปลจีโค้ดบรรทัดต่อไป ทีละบรรทัด แต่ถ้าหากต้องการแปลจีโค้ดอย่างต่อเนื่องไปเลย ก็สามารถกดปุ่ม Continuous

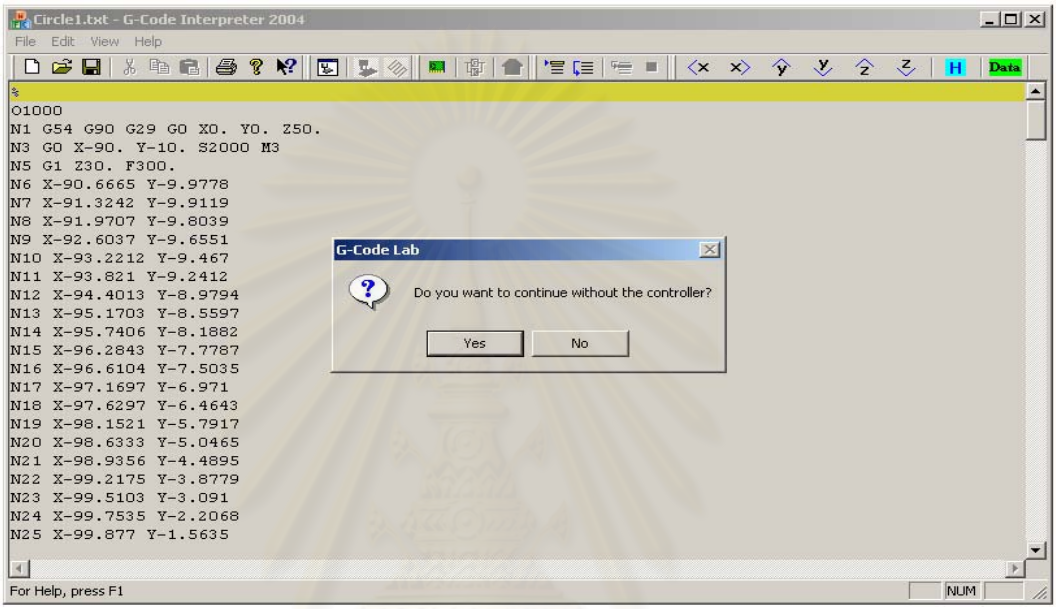
4. ถ้าต้องการหยุดการแปลจีโค้ด สามารถทำโดยการกดปุ่ม Stop



รูปที่ ข.5 หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการแปลจีโค้ด

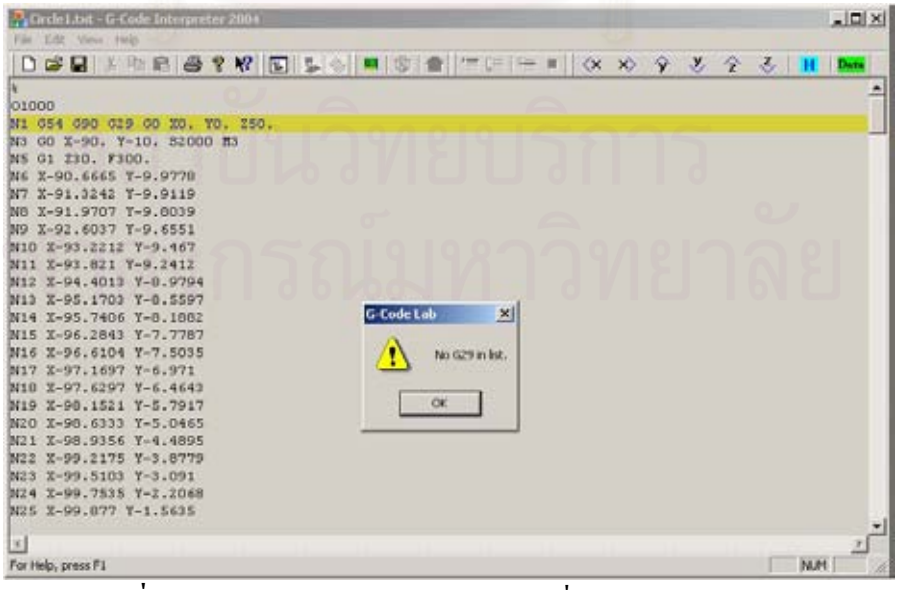
5.การตรวจสอบโค้ดก่อนการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

1. ก่อนจะทำการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด สามารถตรวจสอบได้ว่าไฟล์ที่เปิดขึ้นมามีโค้ดที่ไม่มีการแปลในโปรแกรมนี้หรือไม่ โดยกดปุ่ม ปุ่ม Step หรือปุ่ม Continuous เพื่อทดลองแปลจีโค้ดโดยไม่ต้องเคลื่อนที่โต๊ะเอ็กซ์วายแซด



รูปที่ ข.6 หน้าต่างโปรแกรมขณะทำการตรวจสอบโค้ด

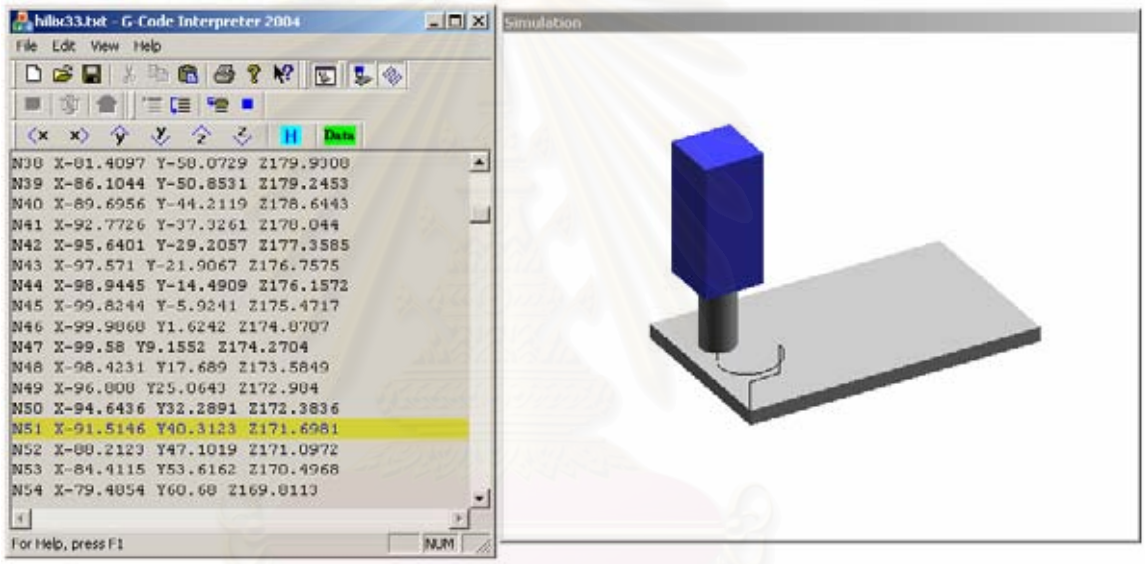
2. หากมีโค้ดที่ไม่มีการแปลในโปรแกรมนี้ จะมีไดอะล็อกเตือนขึ้นมา เราสามารถทำการแก้ไขโค้ดนั้นก่อนทำการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซดจริง



รูปที่ ข.7 หน้าต่างโปรแกรมขณะพบโค้ดที่ไม่แปลในโปรแกรม

6.การจำลองการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด

โปรแกรมในส่วนจำลองแบบทางเดินของการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซด ซึ่งในโปรแกรมในส่วนนี้จะใช้ส่วนการแปลเอ็นซีโค้ด ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะเอ็กซ์วายแซด จะต่างกันตรงการนำข้อมูลจากการแปลมาใช้จำลองการเคลื่อนที่ จึงทำให้สามารถรู้ทางเดินที่จะเกิดขึ้น ก่อนการควบคุมจริง โปรแกรมจะมีส่วนที่เป็นหน้าจอในการจำลองการเคลื่อนที่เป็นสามมิติ ซึ่งจะแสดงผลเป็นการเคลื่อนที่ของทูล และเส้นทางเดินซึ่งได้จากการแปลโค้ด



รูปที่ ข8 หน้าจอโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่

วิธีการใช้โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ คล้ายกับการควบคุมโต๊ะเอ็กซ์วายแซดโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดไฟล์ที่ต้องการทำการจำลองการเคลื่อนที่

2. ต่อจากนั้น กดปุ่ม Simulation เพื่อเลือกทำการจำลองการเคลื่อนที่

3. กดปุ่ม Show machine เพื่อให้แสดงรูปเครื่องจักร หรือกดปุ่ม Show path เพื่อให้แสดงเส้นทางเดิน

4. ใช้ปุ่มคำสั่งในการแปลทำการแปล หน้าต่างในส่วนการจำลองการเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ตามโค้ดที่แปล

5. ใช้ปุ่มคีย์บอร์ดอักษร Z,C ในการซูมภาพเข้า (Zoom in)และซูมภาพออก (Zoom out) ปุ่มคีย์บอร์ดอักษร A,D ในการเลื่อนภาพไปทางซ้ายขวา และ W,X ในการเลื่อนภาพขึ้นลง

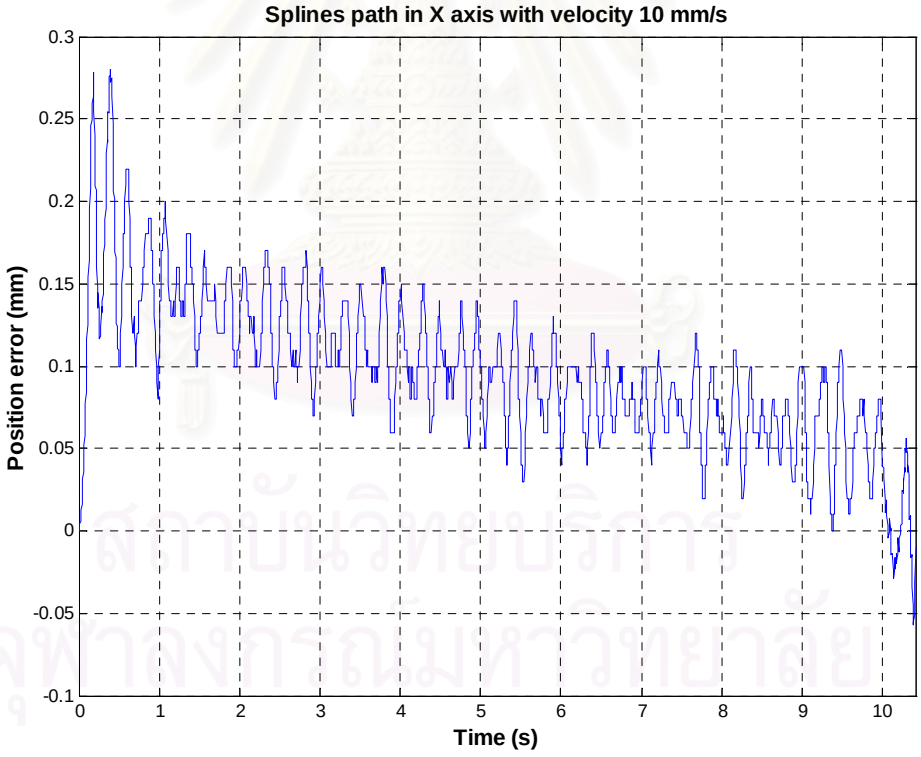
ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และวงกลมจากการแปลเอ็นซีโค้ด

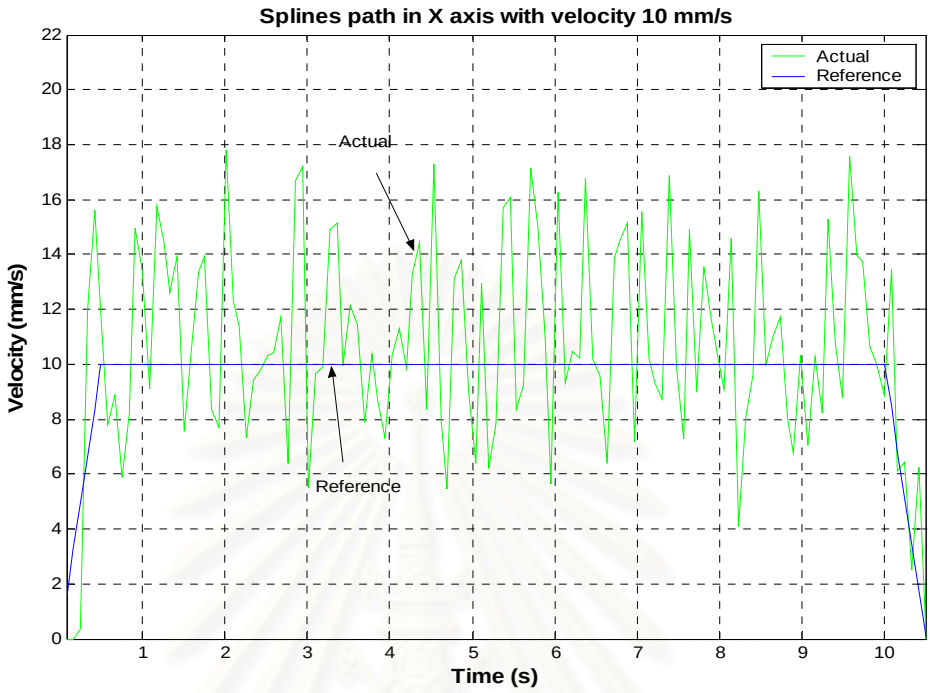
ภาคผนวก ค เป็นผลการจากทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และวงกลมจากการแปลเอ็นซีโค้ด ในส่วนของค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ และค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในบทที่ 5

1.การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง

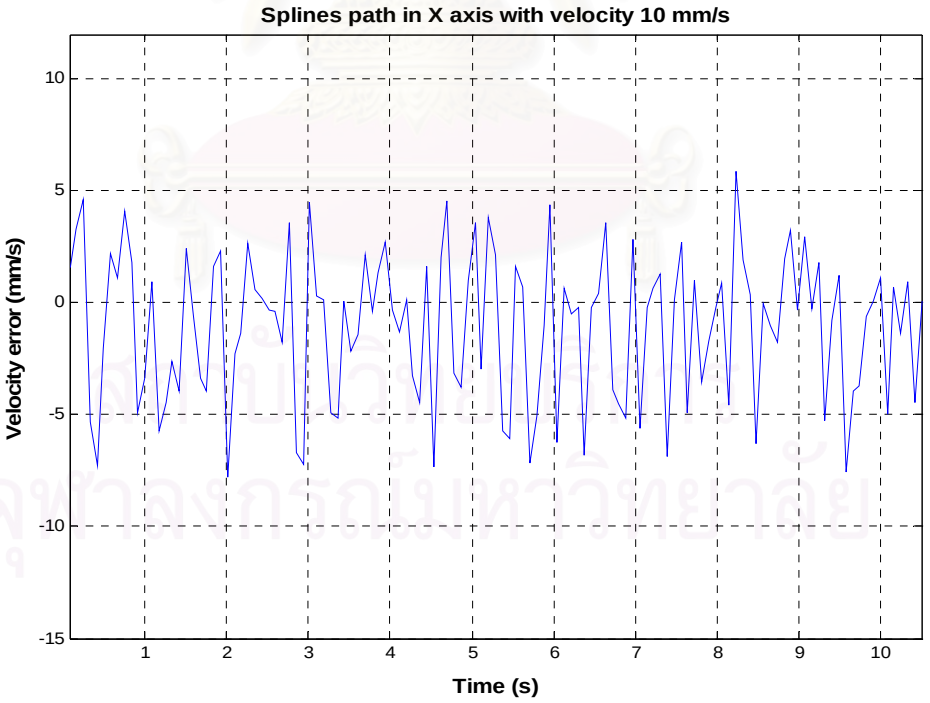
- การเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์



รูปที่ ค1 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

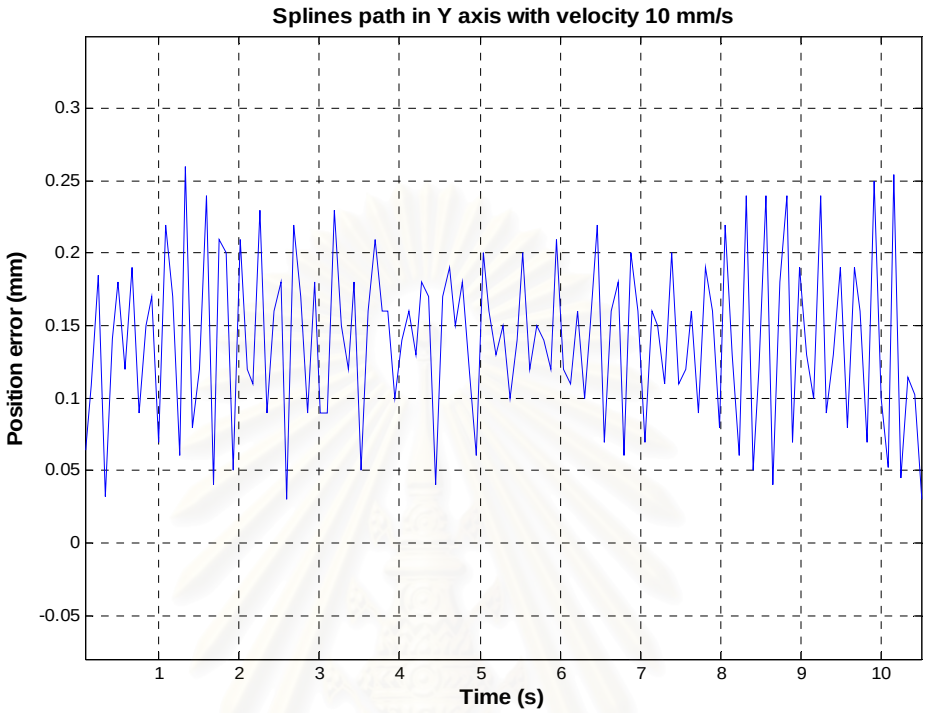


รูปที่ ค2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

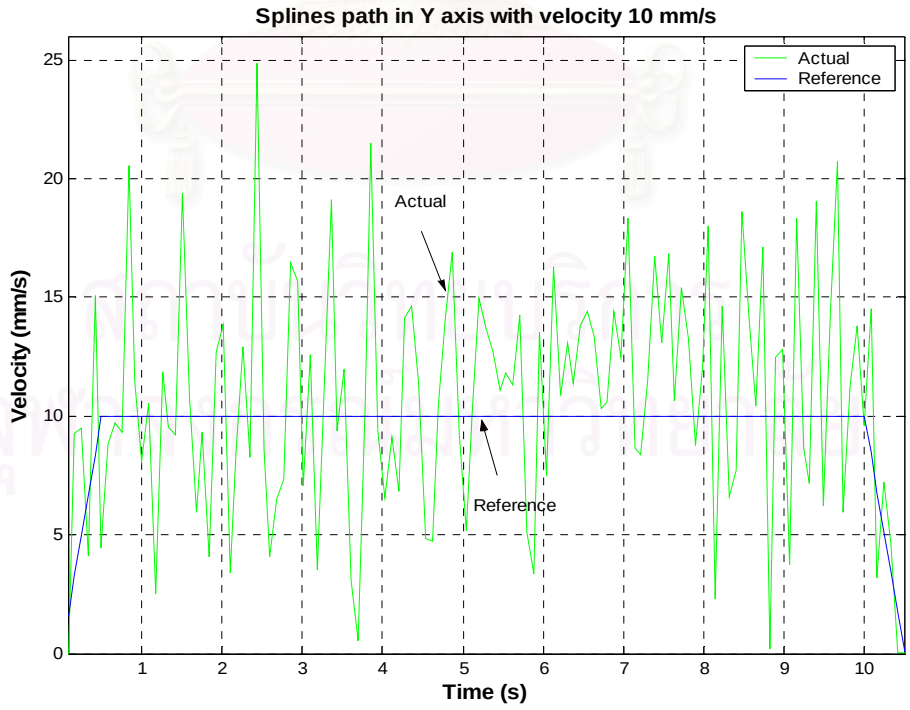


รูปที่ ค3 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

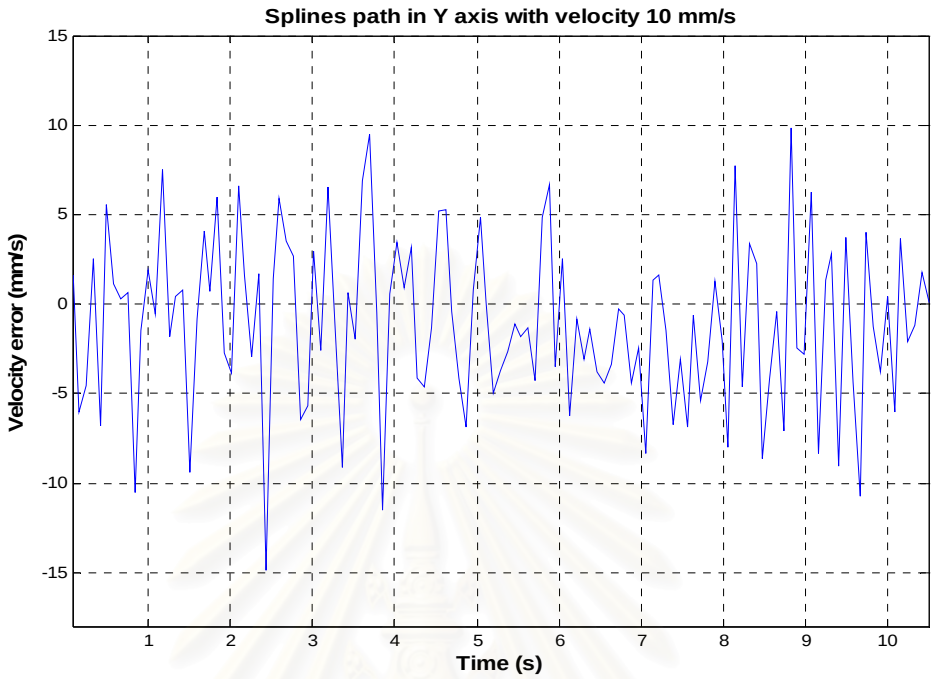
- การเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย



รูปที่ ค4 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

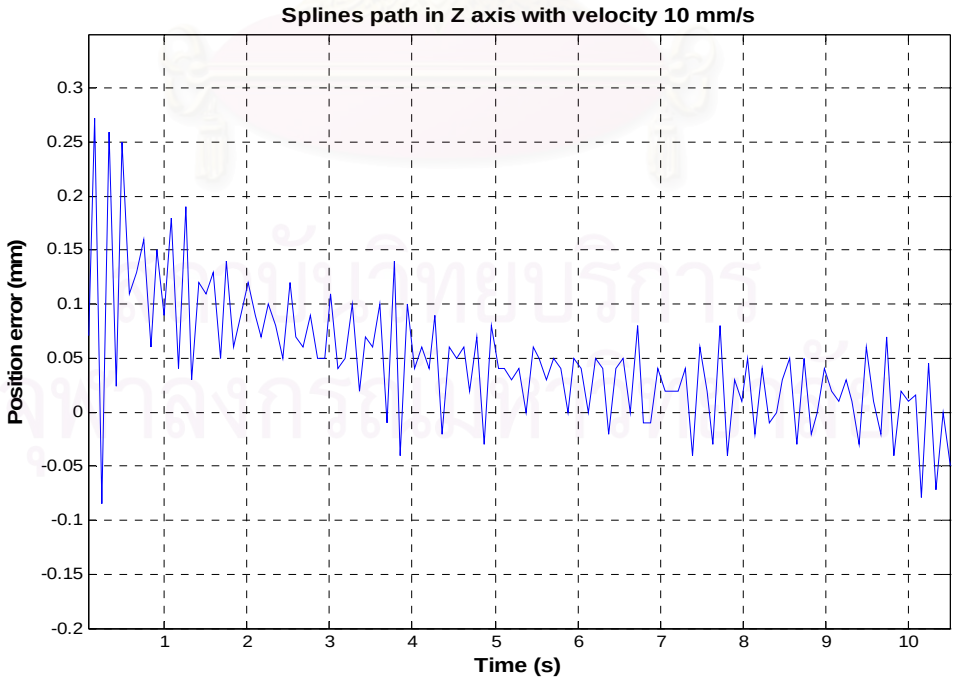


รูปที่ ค5 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

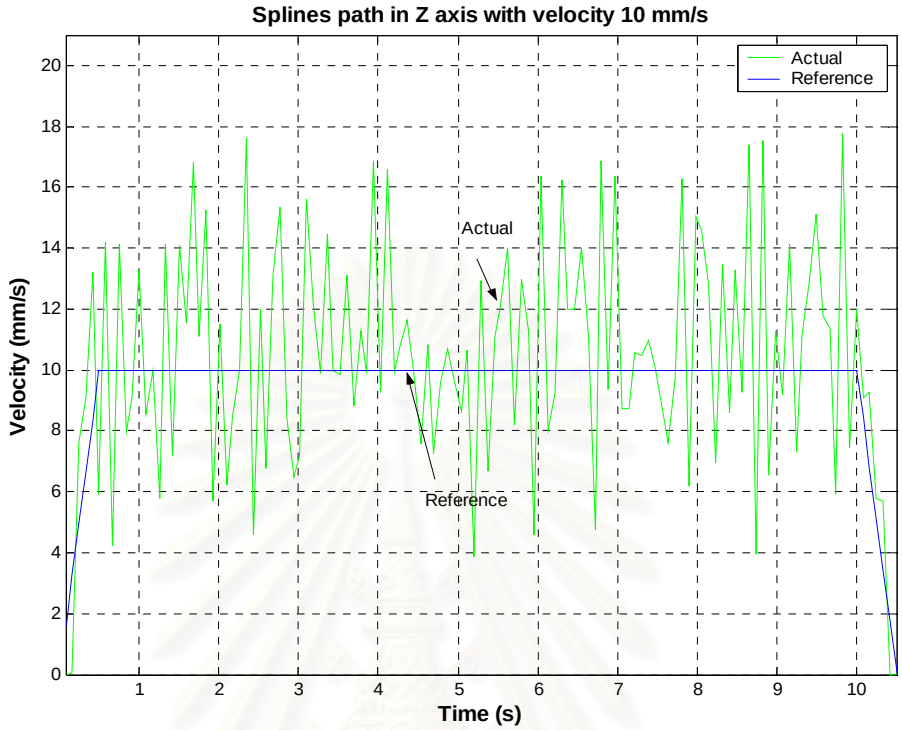


รูปที่ ค6 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนวาย ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

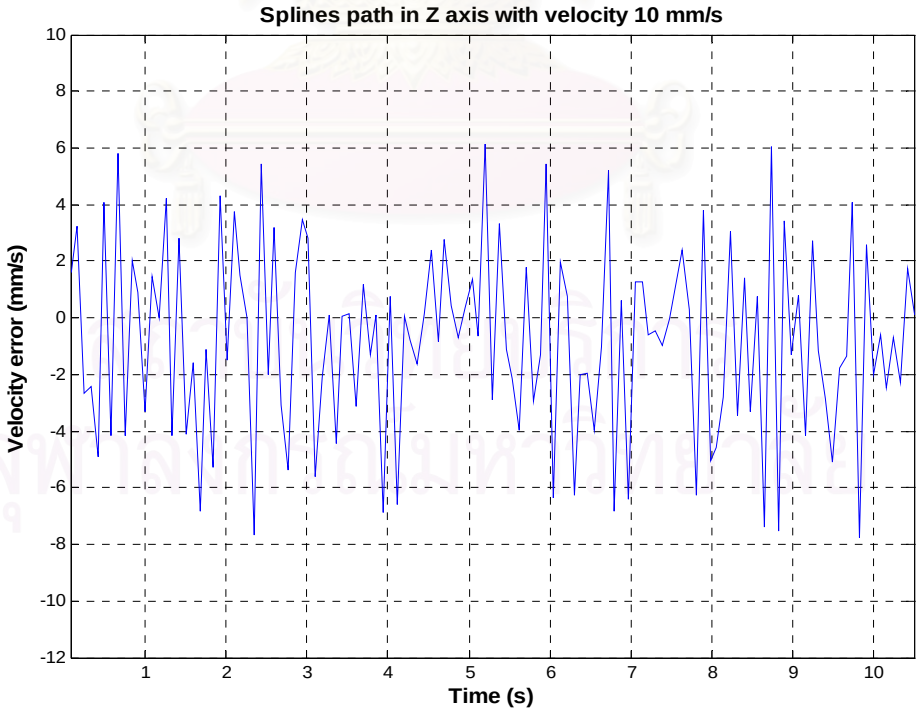
- การเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด



รูปที่ ค7 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

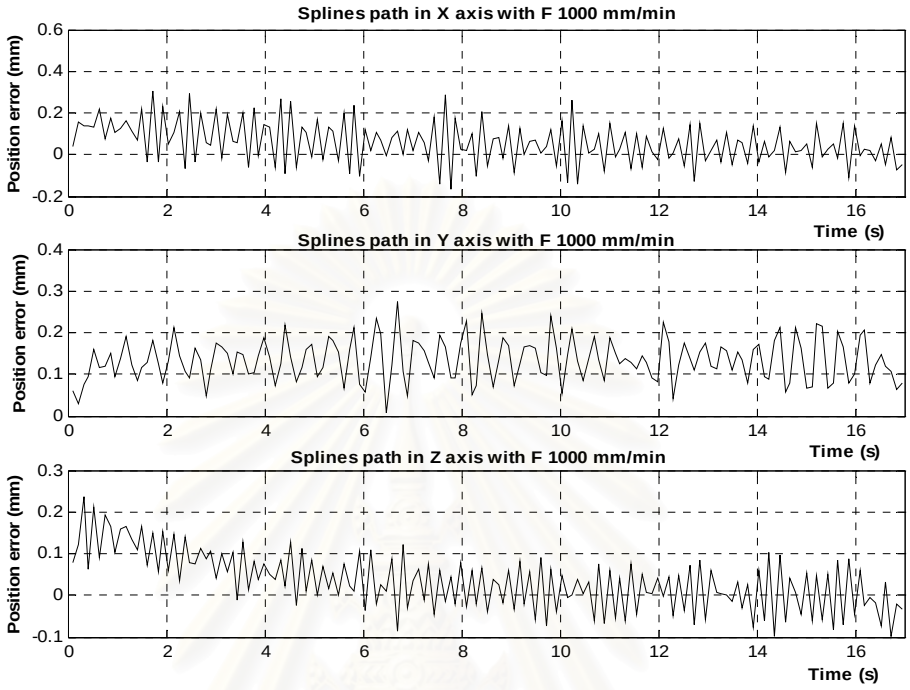


รูปที่ ค8 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

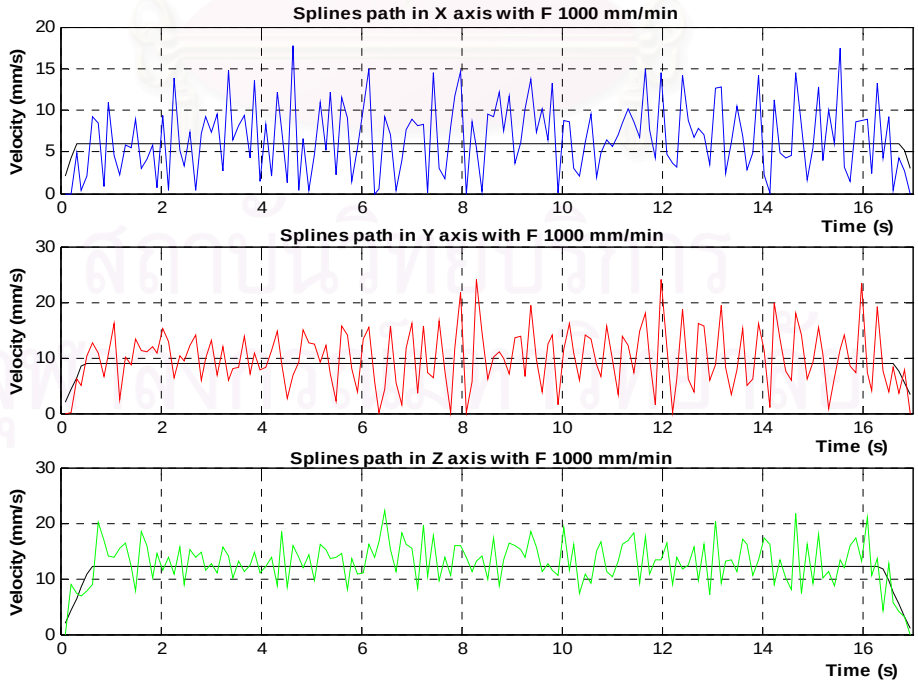


รูปที่ ค9 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนแซด ที่เวลาต่าง ๆ ที่ F 600 mm/min

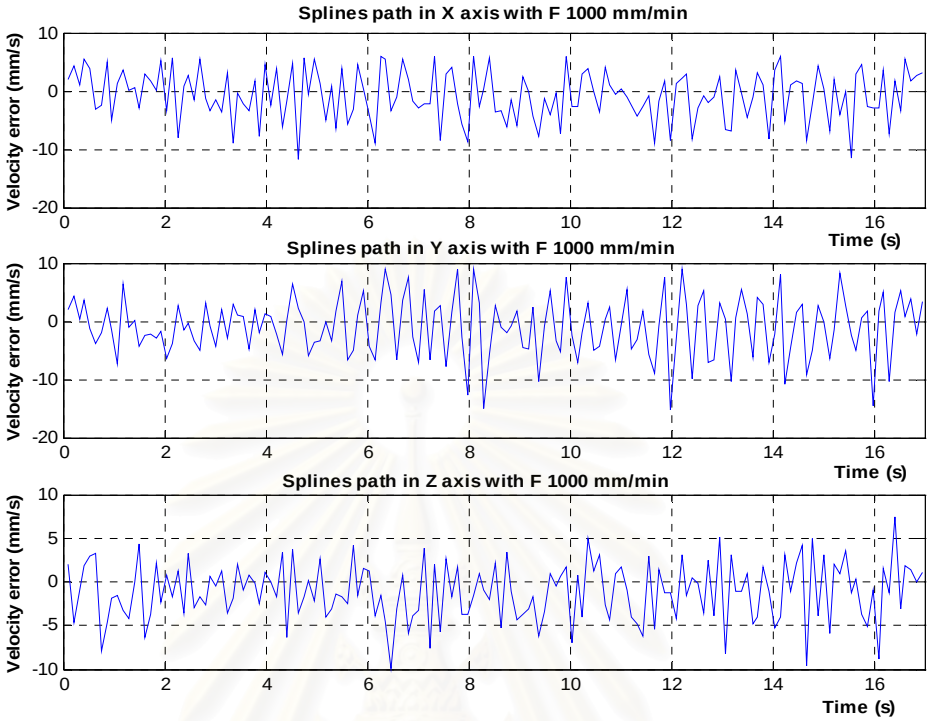
- การเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ วาย แซด



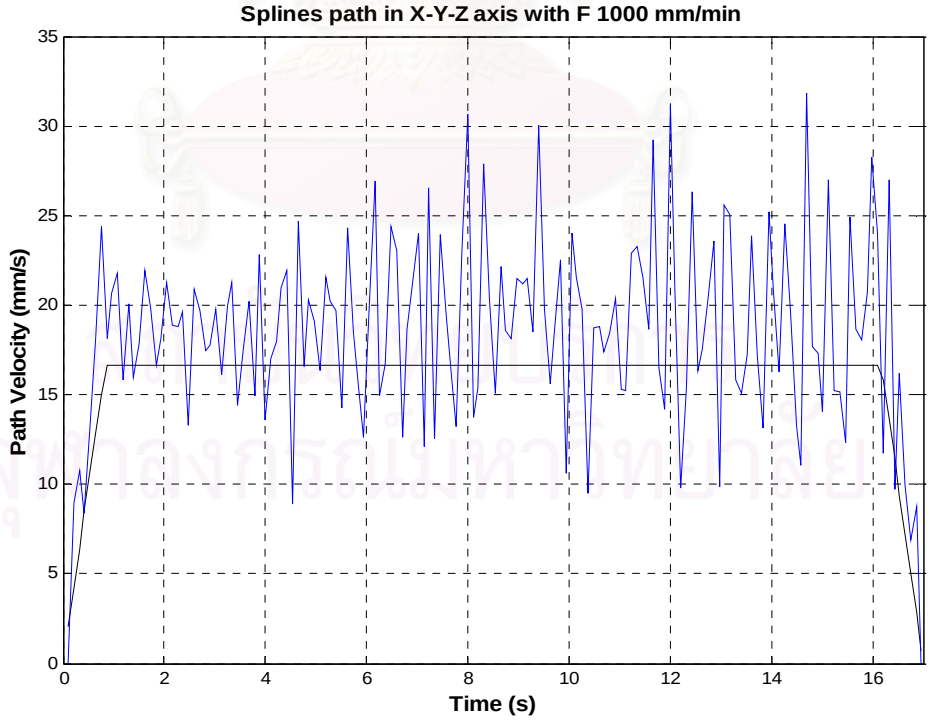
รูปที่ ค10 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min



รูปที่ ค11 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min



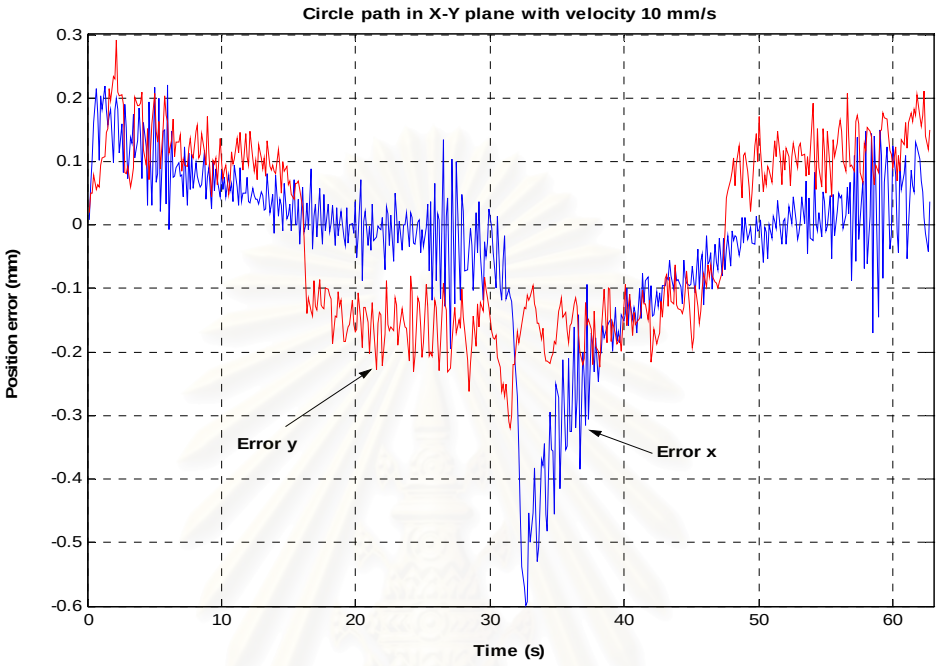
รูปที่ ค12 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนX, Y และZ ที่เวลาต่าง ๆ F 1000 mm/min



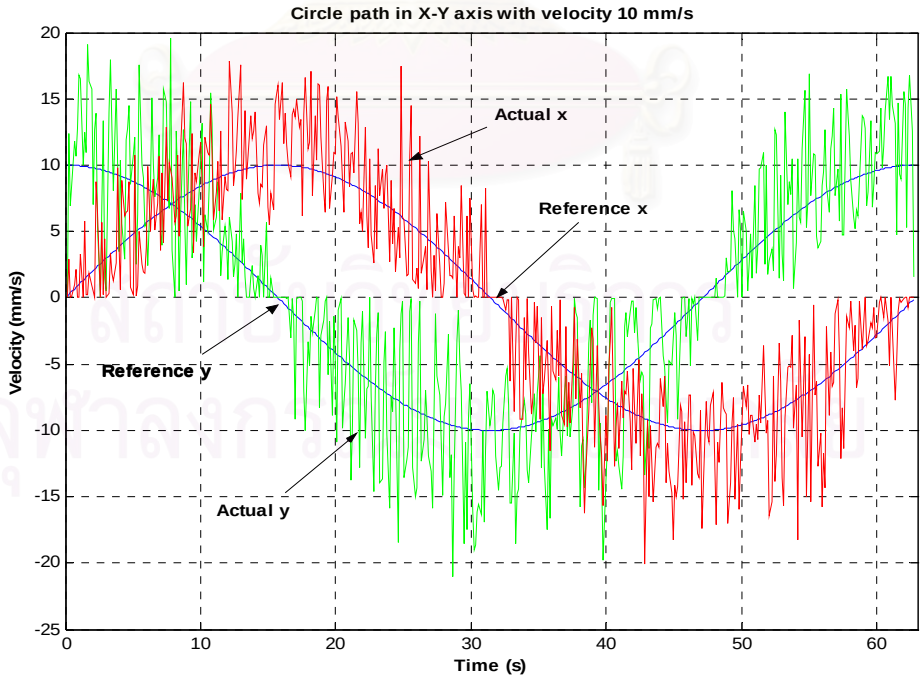
รูปที่ ค13 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ

2. การเคลื่อนที่แบบวงกลม

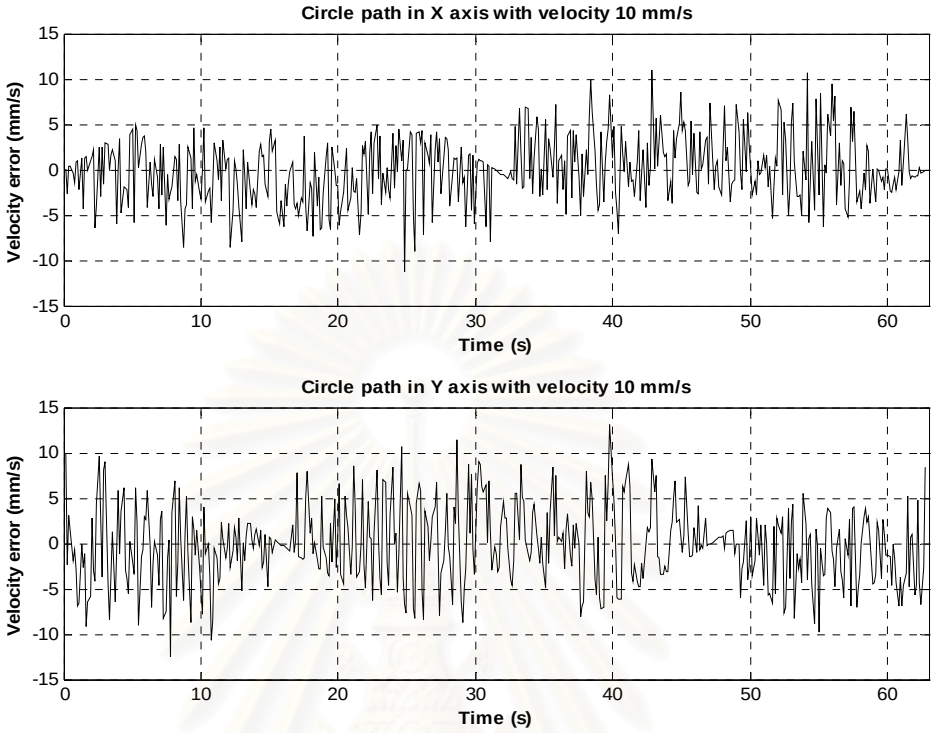
- การเคลื่อนที่ในระนาบเอ็กซ์วาย



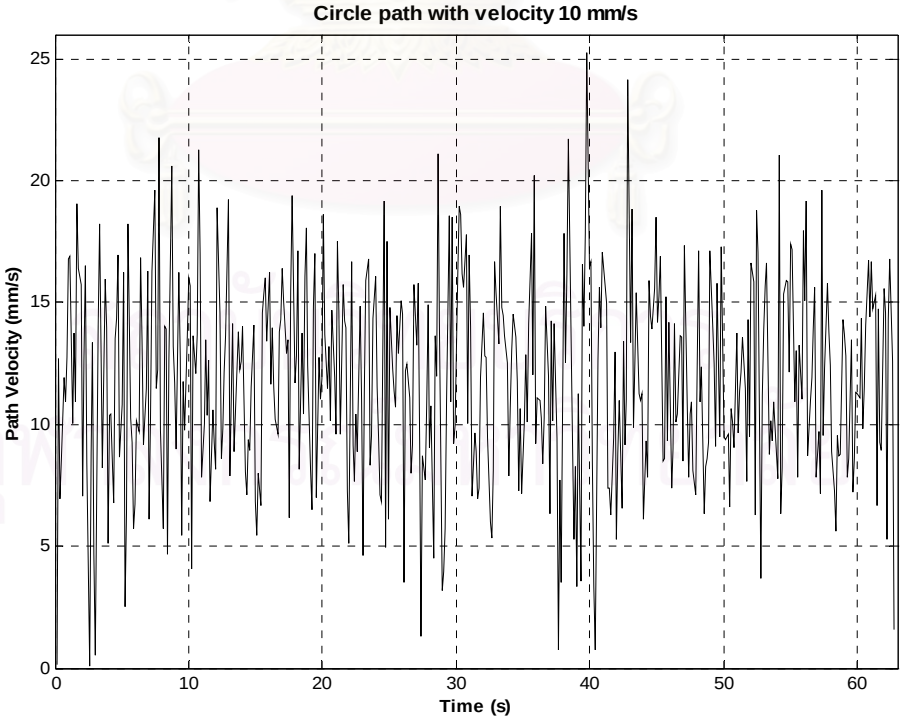
รูปที่ ค14 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค15 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ

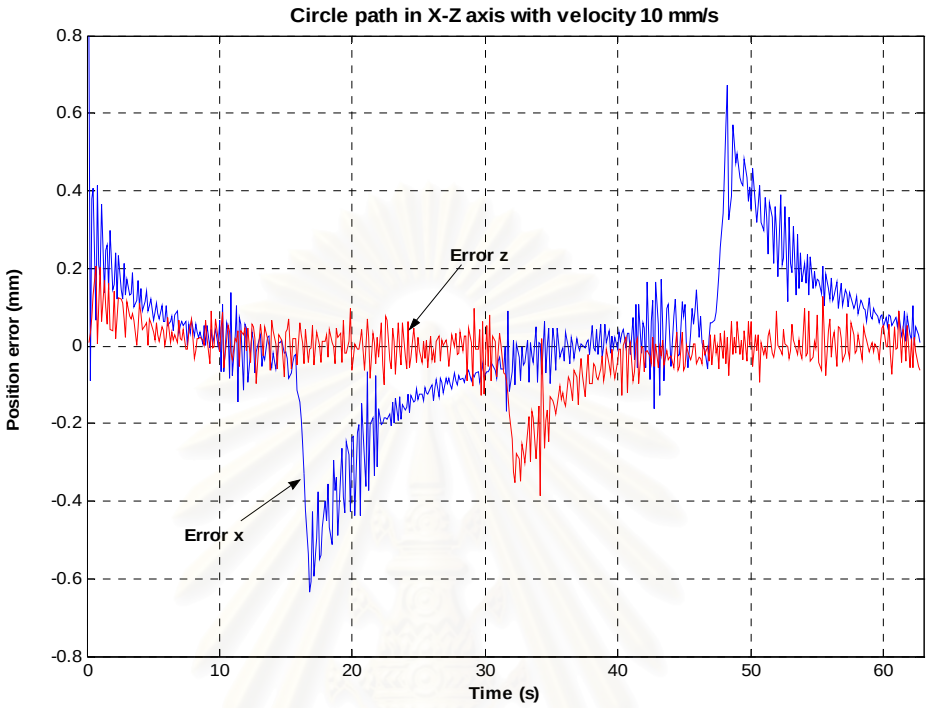


รูปที่ ค16 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ

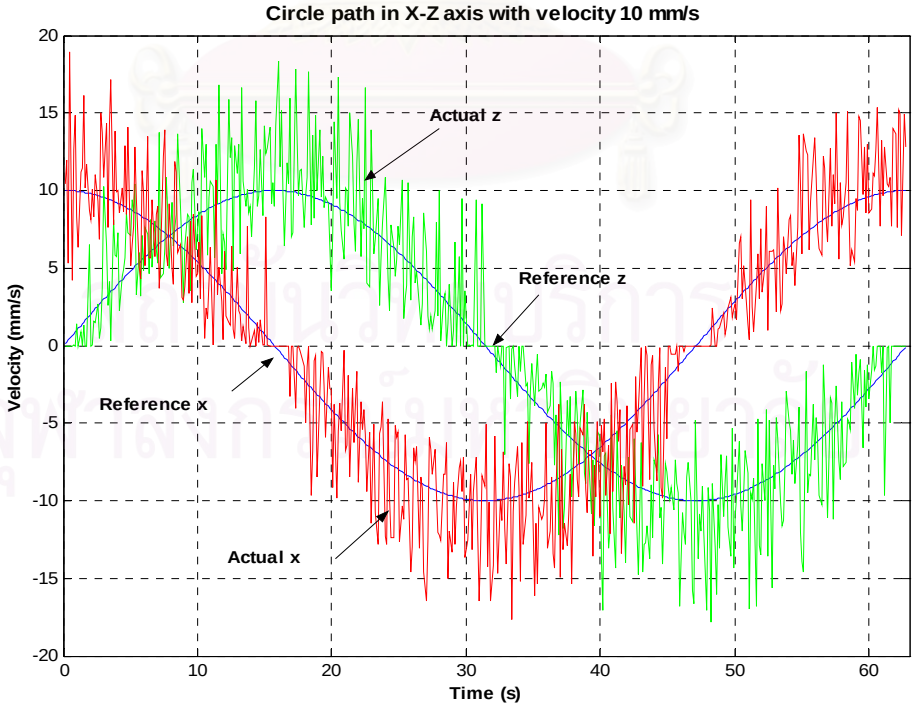


รูปที่ ค17 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ

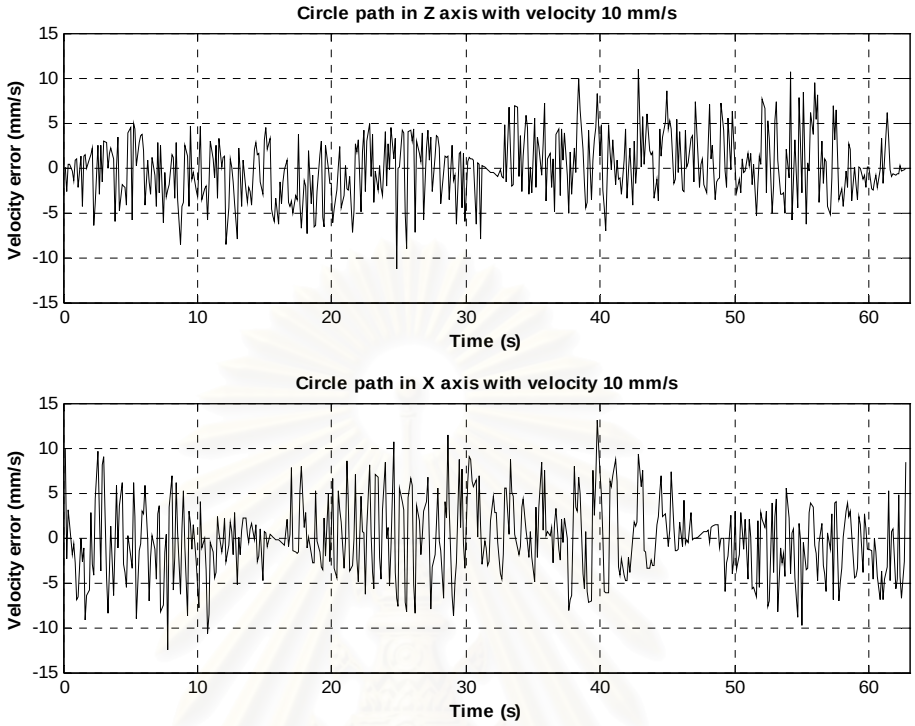
- การเคลื่อนที่ในระนาบเอ็กซ์แซด



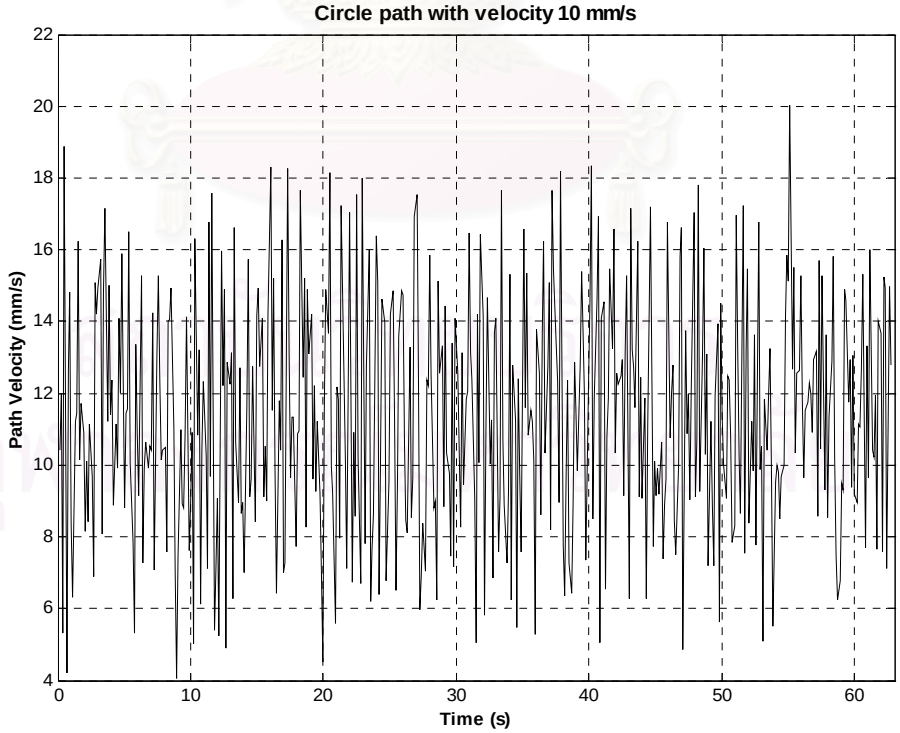
รูปที่ ค18 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค19 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ

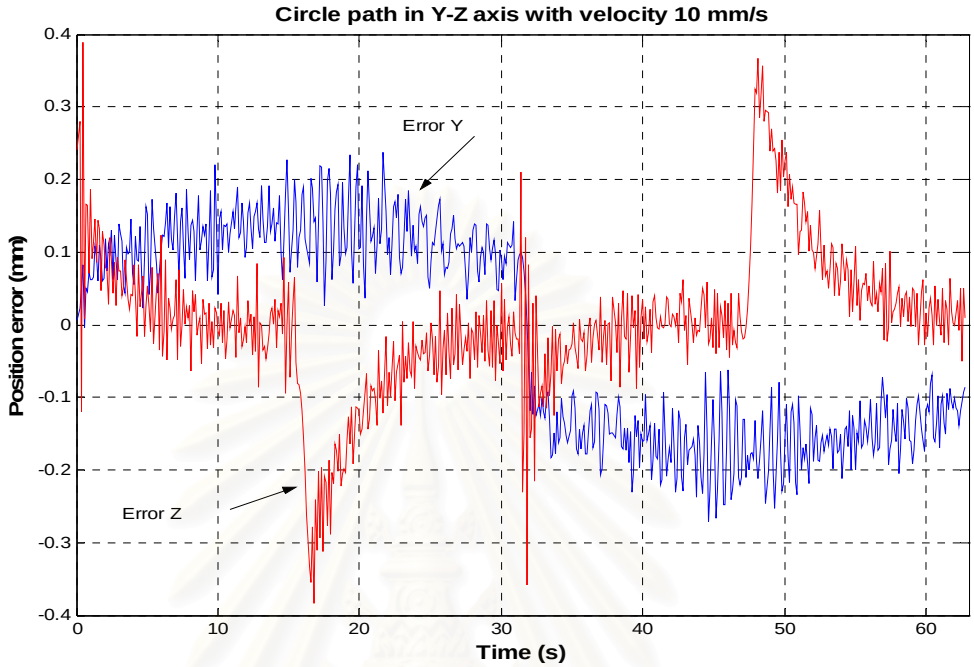


รูปที่ ค20 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และแซด ที่เวลาต่าง ๆ

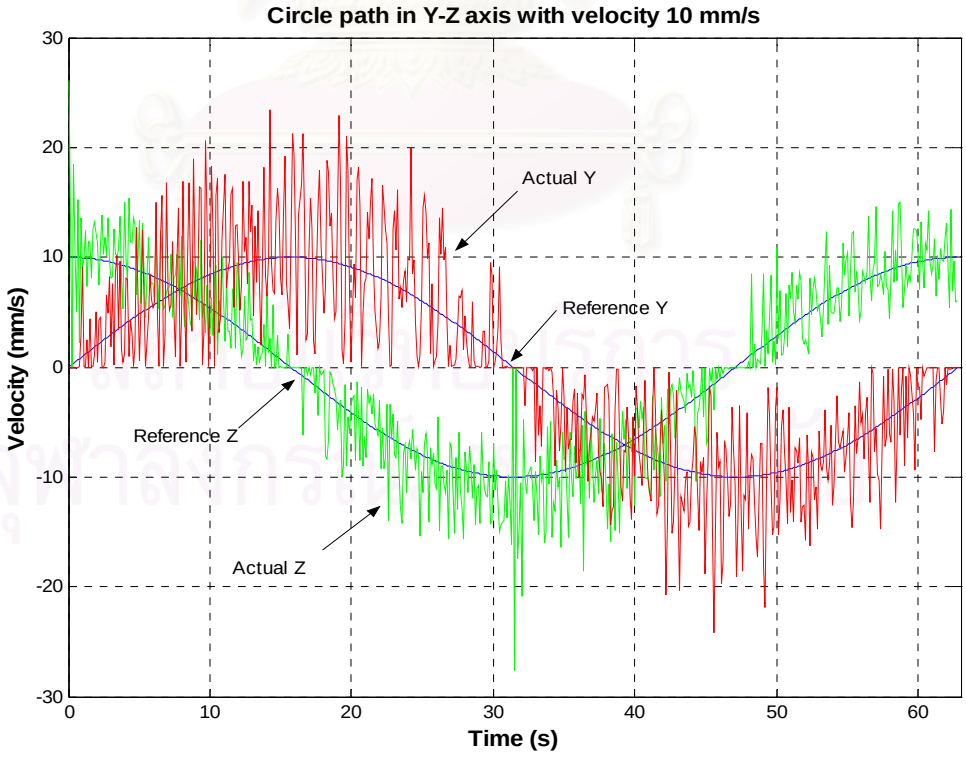


รูปที่ ค21 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ

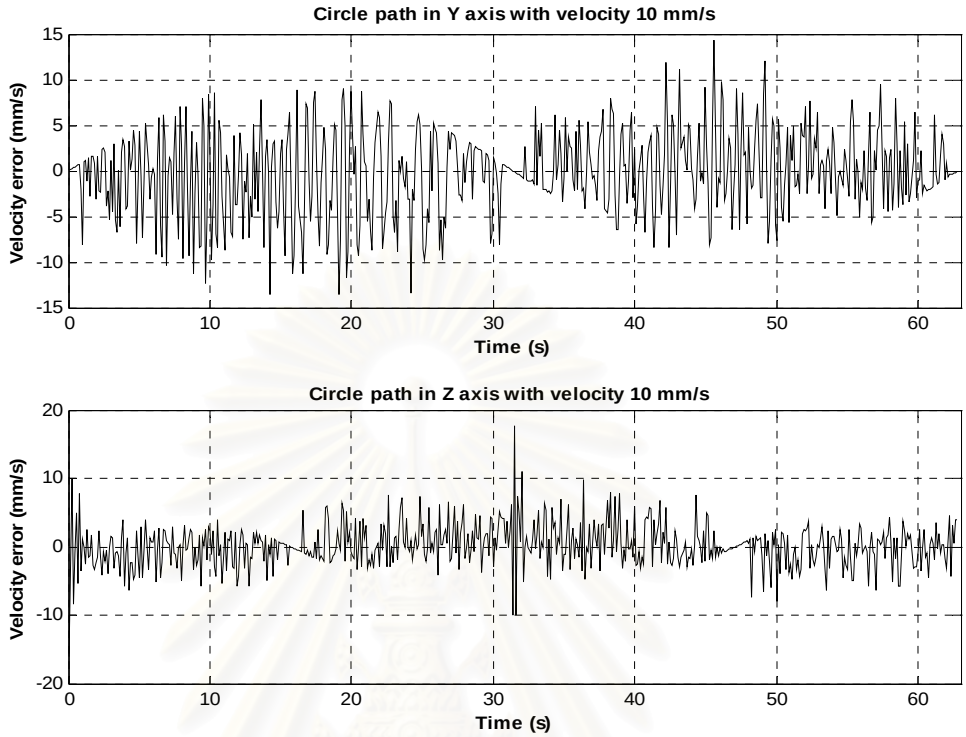
- การเคลื่อนที่ในระนาบวายแซด



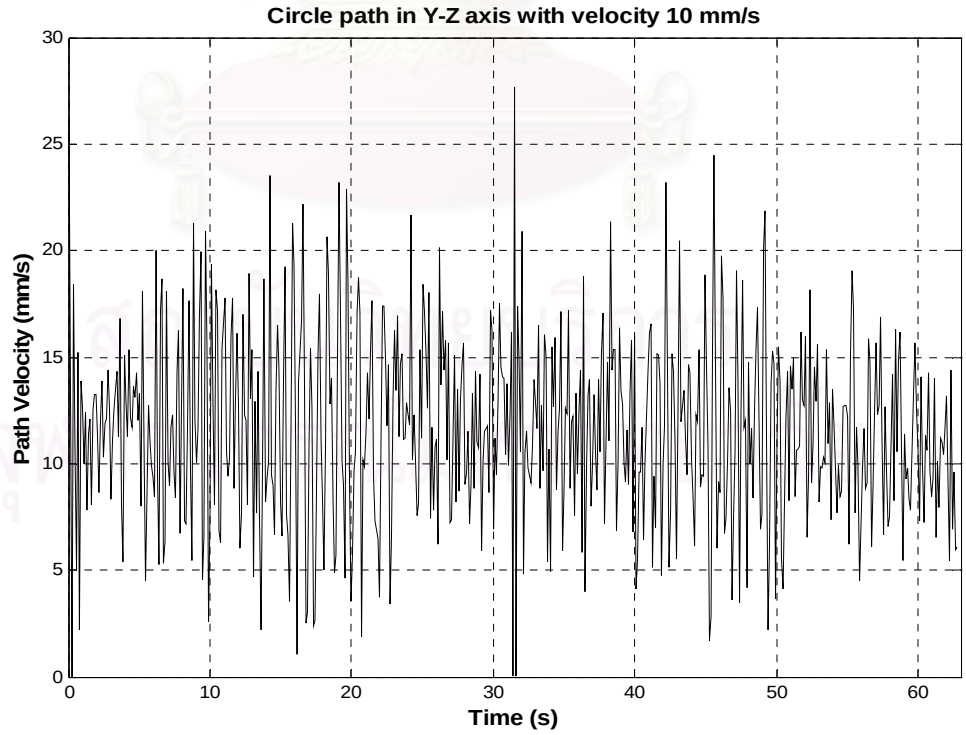
รูปที่ ค22 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค23 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ

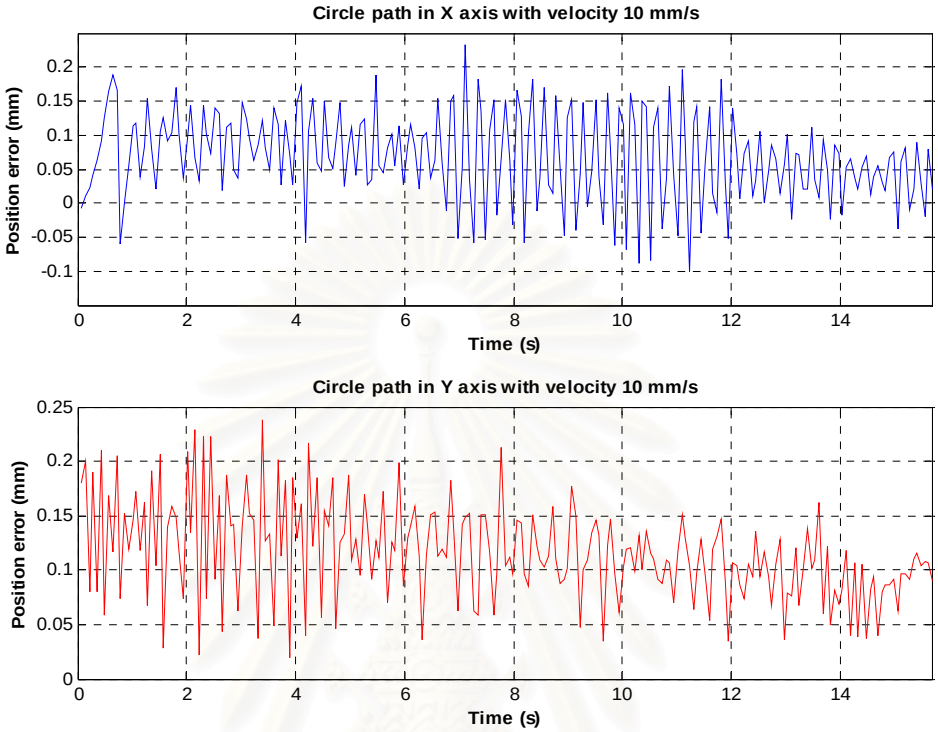


รูปที่ ค24 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนวาย และแซด ที่เวลาต่าง ๆ

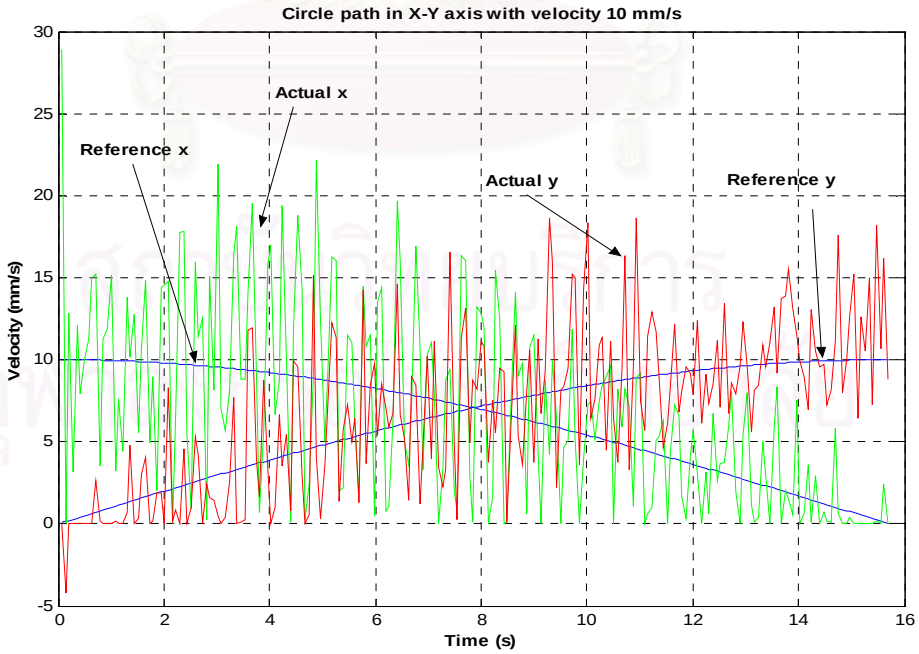


รูปที่ ค25 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ

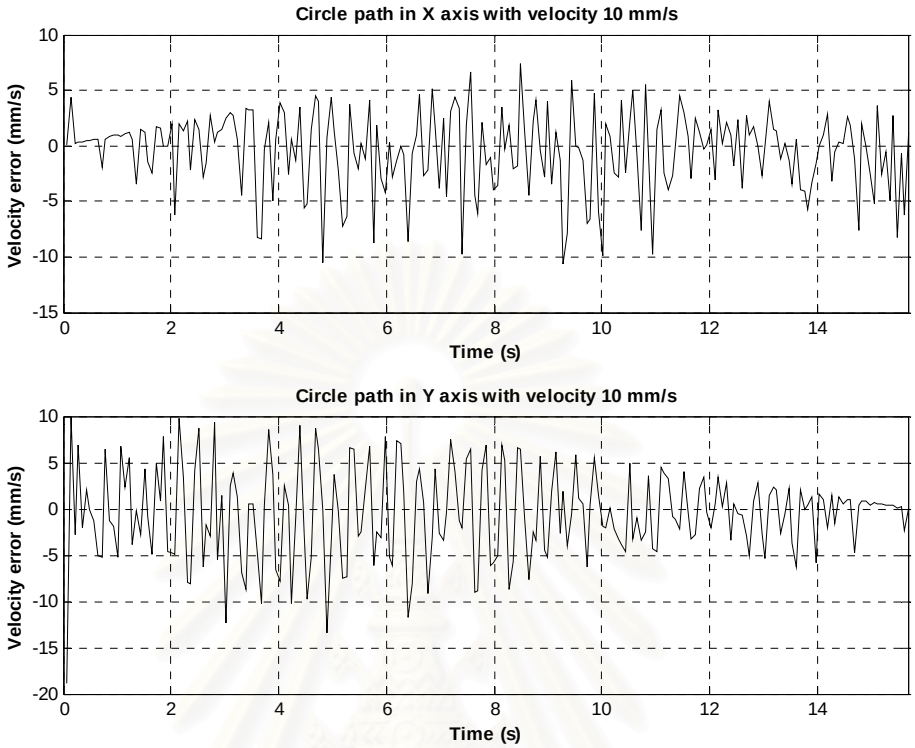
- การเคลื่อนที่ในระนาบเอ็กซ์วาย โดยรับค่าจุดศูนย์กลางเส้นโค้ง ด้วย R



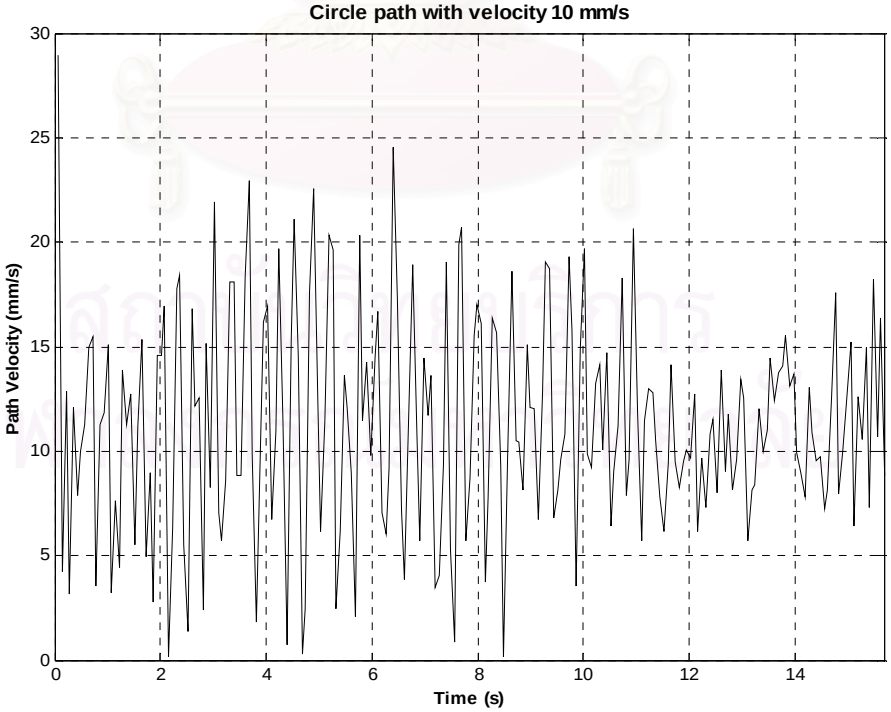
รูปที่ ค26 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค27 ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค28 ค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ในแกนเอ็กซ์ และวาย ที่เวลาต่าง ๆ



รูปที่ ค29 ความเร็วตามทางเดินที่เวลาต่าง ๆ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกฤษณันท์ มะลิทอง เกิดเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2521 เป็นชาวปทุมธานี เข้าศึกษาชั้นประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลปทุมธานี เมื่อสำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้สอบเข้าศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่โรงเรียนปทุมวิไล หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และได้สำเร็จหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปีการศึกษา 2544 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย