การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด-ขอนแก่น

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีด้วยคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว

Development of Single Board Computer Controller for CNC Milling Machine

จักรดาว ประทุมชาติ[1] ตะวัน สุจริตกุล[2]
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.เมืองฯ จ.เชียงใหม่ 50200
โทร.0-5394-2407-8 โทรสาร 0-5389-2231 E-mail: cgr3studio@rocketmail.com[1] , thawan@dome.eng.cmu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี เป็นการสร้างระบบควบคุมโดยการป้อนสัญญาณดิจิตอลให้กับเสต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานในแนวแกน X และ Y รวมทั้งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวแกน Z ให้สัมพันธ์กันด้วยรูปแบบคำสั่ง G-Code และโปรแกรม NC การสร้างเครื่องควบคุมได้เลือกใช้คอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว PC/104 รุ่น Mity-Mite ที่สามารถทำงานได้คล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แต่มีราคาต่ำกว่าเพื่อเป็นเครื่องมือในการรับคำสั่งและสร้างสัญญาณดิจิตอลให้กับแผงวงจรควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์ SILA-Research รุ่น EX-STEPM ที่ใช้ควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์ของเครื่องกัดแบบแนวดิ่งขนาดเล็กซีเอ็นซี SHERLINE รุ่น 5410 การสร้างระบบควบคุมและตอบสนองผู้ใช้งานได้เลือกใช้โปรแกรมภาษาปาสคาลในการสร้างโปรแกรมควบคุม เนื่องจากภาษาปาสคาลเป็นภาษาโครงสร้างที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเป็นโปรแกรมที่ผู้เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ได้อนุญาตให้นำไปใช้พัฒนาและสามารถเผยแพร่ได้อย่างถูกกฎหมาย ในการทดสอบการทำงานของโปรแกรมสามารถทำการควบคุมเครื่องกัดแบบแนวดิ่งขนาดเล็กซีเอ็นซี โดยให้ทำการกัดชิ้นงานตาม G-Code ผลที่ได้สามารถวัดค่าความผิดพลาด(Error) ของชิ้นงานทดสอบเปรียบเทียบกับคำสั่งที่ป้อนให้ระบบควบคุม มีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.762 มิลลิเมตร ค่าความละเอียด (Resolution) ในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด 0.005 มิลลิเมตร และค่าความผิดพลาดเนื่องจากการทำซ้ำ (Repeatability) มีค่าสูงสุด 0.009 มิลลิเมตร

Abstract

The Computer Numerical Control (CNC) machine control system provides digital signals to a stepping motor to control machine table movement. It controls the machine table in X- and Y-axis directions and the machine head in vertical direction by G-code commands and a numerical control (NC) program. The CNC control system was on a single board computer, PC/104 Mity-Mite module. Its construction cost is low and works as easy as a personal computer. The digital signals generated from the computer go to three SILA-Research EXSTEPM stepping motor controller boards, which controls the stepping motor of SHERLINE 5410 table type CNC milling machine. Turbo Pascal is the language used in the controlling program. The advantages of using Pascal are the ease of program development and legal distribution. It is shown that the CNC system control the table type machine effectively. The test shows an error less then 0.762 mm. of a turning sample, and the resolution in machine is better than 0.005 mm. the error in repeatability is better then 0.009 mm.

1. บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป จะเห็นได้ว่า ระบบซีเอ็นซีเข้ามีมามีส่วนช่วยในกระบวนการผลิตมากยิ่งขึ้น เพราะเครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีเป็นระบบอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทำให้สามารถประยุกต์เพื่อการใช้งานได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ แต่กระนั้น เครื่องจักรซีเอ็นซียังมีข้อจำกัดการใช้งานอยู่บ้าง ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมด ในบางครั้งผู้ควบคุมหรือวิศวกรจำเป็นต้องทำการปรับแก้ไขการทำงานของเครื่องจักร แต่การแก้ไขดัดแปลงนั้นสามารถทำได้ยากเนื่องจากผู้ผลิตเครื่องจักรซีเอ็นซีซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตจากต่างประเทศไม่อนุญาตให้ทำการปรับแต่งหรือแก้ไขได้ จึงทำให้สามารถทำงานได้ตามที่ผู้ผลิตเครื่องจักรกำหนดมาเท่านั้น

ในระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมระบบ การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สามารถตอบสนองการทำงานได้อย่างกว้างขวาง แต่เมื่อนำมาใช้ในการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรเพียงอย่างเดียว ทำให้เสียทรัพยากรและค่าใช้จ่ายเมื่อต้องจัดให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทำงานควบคุมระบบซีเอ็นซีเพียงงานเดียว ดังนั้น การเลือกใช้คอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยวจึงเป็นทางเลือกที่ทำให้การสร้างอุปกรณ์ควบคุมมีความสะดวก ประหยัด ซึ่งยังสามารถพัฒนาขีดความสามารถของระบบควบคุมได้เท่าเทียมกับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

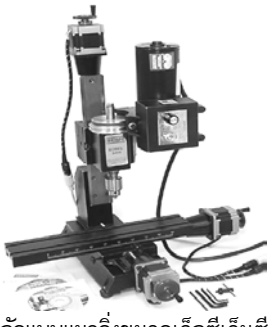
อนึ่ง ในการสร้างซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบ การเลือกใช้โปรแกรมภาษาปาสคาลทำให้มีข้อได้เปรียบในด้านการใช้งาน เนื่องจากภาษาปาสคาลเป็นภาษาโครงสร้างที่มีความสะดวกต่อการทำความเข้าใจ การใช้ การปรับปรุง และการแก้ไขปัญหา นอกจากนี้ การแปลภาษาของโปรแกรมภาษาปาสคาลเป็นแบบคอมไพล์เลอร์ ที่จะทำการแปลภาษาทั้งหมดก่อนทำงาน ซึ่งสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดที่จะก่อให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรได้เป็นอย่างดี รวมทั้งโปรแกรมภาษาปาสคาล เป็นโปรแกรมที่ทางบริษัทผู้สร้าง ได้อนุญาตให้ผู้ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรมภาษามาจากระบบอินเตอร์เนตได้โดยไม่ต้องขอลิขสิทธิ์ ทำให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาได้อย่างอิสระ และสามารถนำไปเผยแพร่ได้อย่างถูกกฎหมาย

ในการทำวิจัยที่ผ่านมา การพัฒนาระบบควบคุมซีเอ็นซีส่วนใหญ่ใช้โปรแกรมภาษาซีในการสร้างซอฟแวร์ควบคุม และใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการรับคำสั่งและสร้างสัญญาณเพื่อสั่งงานให้กับเครื่องกัดหรือเครื่องกลึงแบบซีเอ็นซี

2. วิธีการและเครื่องมือในการศึกษาวิจัย

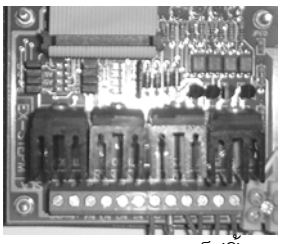
2.1 การติดตั้งฮาร์ดแวร์

การสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีเลือกใช้เครื่องกัดแบบแนวดิ่งขนาดเล็กซีเอ็นซี SHRRLINE รุ่น 5410 ซึ่งมีเสต็ปปิ้งมอเตอร์ติดตั้งไว้กับแกนสกรูที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานและหัวกัดดังรูปที่ 1



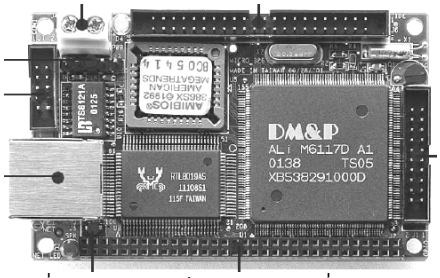
รูปที่ 1 เครื่องกัดแบบแนวดิ่งขนาดเล็กซีเอ็นซี SHRRLINE รุ่น 5410

การควบคุมและสร้างสัญญาณไฟฟ้าสำหรับการทำงานของเสต็ปปิ้งมอเตอร์ใช้แผงวงจรควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์สำเร็จรูป ของ SILA-Research รุ่น EX-STEPM จำนวน 3 ชุดเพื่อควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์ของเครื่องกัดในแนวแกน X , Y และ Z ดังรูปที่ 2



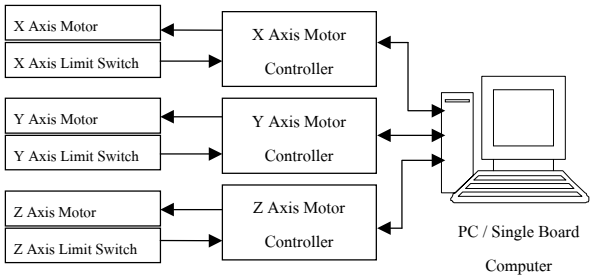
รูปที่ 2 แผงวงจรควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์ SILA-Research รุ่น EX-STEPM

ระบบการรับคำสั่ง และสร้างสัญญาณดิจิตอลเพื่อควบคุมการทำงานของเสต็ปมอเตอร์ รวมทั้งการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ได้เลือกใช้คอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว PC/104 รุ่น Mity-Mite ดังรูปที่ 3 แทนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งสามารถรับคำสั่งผ่านทางคีย์บอร์ด หรือเมาส์ แสดงผลได้ทางจอภาพ สร้างและรับสัญญาณดิจิตอลเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ทอนุกรมและพอร์ทเอนกประสงค์ 16 บิต สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายโดยผ่านพอร์ทอีเทอร์เน็ต และสามารถเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมในหน่วยความจำแบบแฟลชที่มีให้เลือกติดตั้งหลายขนาด ในการวิจัยนี้ได้เลือกติดตั้งหน่วยความจำขนาด 16 MB



รูปที่ 3 คอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว PC/104 รุ่น Mity-Mite

การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อสร้างเครื่องกัดแบบซีเอ็นซี แสดงเป็นแผนภาพดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.2 ระบบควบคุมการทำงาน

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี สร้างโดยใช้ภาษาปาสคาล จากโปรแกรม Turbo Pascal 4.0 ซึ่งสามารถดาว์นโหลดได้อย่างถูกกฎหมายจากเว็บไซท์ของบริษัท Borland International จำกัด เนื่องจากเป็นภาษาที่ง่ายต่อความเข้าใจ สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย การพัฒนาเริ่มตั้งแต่การเขียนโปรแกรมให้ตัวประมวลผลซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรู้จักกับช่องทางการติดต่อภายนอกโดยติดต่อผ่านทางพอร์ทขนาน (Parallel Port) การสร้างระบบการหน่วงเวลาโดยการกำหนดค่าใน IC 8253 ซึ่งเป็นตัวประมวลผลสัญญาณเวลาในคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป เพื่อให้เครื่องกัดสามารถทำงานได้ในความเร็วที่กำหนดและเป็นเวลาจริง (Real time) หลังจากนั้นจึงสร้างระบบการรับคำสั่ง G Code ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานตามเครื่องกัดยี่ห้อ MAZAK

โดยโปรแกรมจะสามารถรับคำสั่งได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติ การรับคำสั่งแบบอัตโนมัติสามารถทำได้โดยรับคำสั่งจากไฟล์คำสั่งNC และแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถทำได้โดยพิมพ์คำสั่ง G Code ครั้งละบรรทัด เมื่อรับคำสั่ง G Code แล้ว โปรแกรมจะทำการประมวลผลคำสั่ง โดยตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ จากรูปแบบคำสั่งมาตรฐาน เช่น คำสั่ง G, M หรือ F แล้วตรวจสอบหมายเลขคำสั่ง หลังจากนั้นจะทำการรับค่าข้อมูลต่าง ๆ ตามรูปแบบคำสั่ง เพื่อนำไปประมวลผลและสร้างสัญญาณดิจิตอล เช่น เมื่อผู้ใช้หรือโปรแกรม NC กำหนดคำสั่ง

G00 X10 Y5 Z3

โปรแกรมจะตรวจสอบคำสั่ง G00 เพื่อกำหนดให้มีการเดินเครื่องมือแบบเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว (Rapid Translation) และนำค่า 10 ที่อยู่หลัง X ค่า 5 ที่อยู่หลัง Y และค่า 3 ที่อยู่หลัง Z ไปกำหนดให้เครื่องมือเคลื่อนที่ในแนวแกน X,Y และ Z มายังตำแหน่ง 10 , 5 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสั่งต่าง ๆ ที่ระบบสามารถรับและนำไปประมวลผลได้มีดังนี้ G00 การเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว, G01 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง G02 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งตามเข็มนาฬิกา, G03 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งทวนเข็มนาฬิกา, G20 กำหนดมาตราวัดแบบนิ้ว, G21 กำหนดมาตราวัดแบบมิลลิเมตร, G54 กำหนดให้ตำแหน่งปัจจุบันเป็นตำแหน่งสัมบูรณ์, G90 กำหนดการอ้างอิงแบบตำแหน่งสัมบูรณ์, G91 กำหนดการอ้างอิงแบบตำแหน่งสัมพัทธ์, M02 เลิกใช้โปรแกรม, M62 กำหนดการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ, M63 กำหนดการทำงานแบบอัตโนมัติ และ F กำหนดความเร็วในการป้อนชิ้นงาน

โปรแกรมสามารถแสดงสถานะการทำงานของระบบ เช่น ประเภทของการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของหัวกัดในแนวต่าง ๆ การทำงานในหน่วยมิลลิเมตรหรือหน่วยนิ้ว การทำงานแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ การทำงานโดยอ้างอิงตำแหน่งสัมบูรณ์หรือแบบสัมพัทธ์ เป็นต้น ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 การแสดงผลการทำงานของโปรแกรม

เมื่อทำการสร้างโปรแกรมและทดสอบการทำงานด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแล้ว จึงได้ทำการคัดลอกโปรแกรมไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว แล้วทำการปรับปรุงระบบการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งทำการติดต่อผ่านพอร์ทเอนกประสงค์ 16 บิต ซึ่งมีรูปแบบการสั่งงานและ Address ของพอร์ทแตกต่างกันกับการสั่งงานผ่านพอร์ทขนาน การรับข้อมูลแบบกึ่งอัตโนมัติยังใช้การรับข้อมูลผ่านทางคีย์บอร์ด แต่การรับข้อมูลแบบอัตโนมัติต้องทำการคัดลอกโปรแกรม NC ผ่านทางระบบเครือข่ายแล้วเก็บไว้ที่หน่วยความจำแบบแฟลช เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยวที่เลือกใช้ไม่สามารถรับข้อมูลผ่านทางเครื่องอ่านดิสเก็ตได้ จึงต้องทำการคัดลอกไฟล์ผ่านระบบเครือข่ายซึ่งใช้โปรโตคอลการสื่อสารแบบ Net Beui เนื่องจากมีการใช้หน่วยความจำน้อย และใช้งานได้ง่าย แต่มีข้อจำกัดในการใช้งานกับระบบปฏิบัติการแบบ NT40 (เช่น ระบบปฏิบัติการ Windows XP หรือ Windows NT 2000 Porfessional) เนื่องจากระบบปฏิบัติการดังกล่าวไม่อนุญาตให้โปรโตคอล Net Beui ทำการสื่อสารส่งผ่านข้อมูล ในการวิจัยจึงใช้ระบบปฏิบัติการ Windows ME เป็นระบบปฏิบัติการที่ติดตั้งในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อใช้สื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยวที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ MS – Dos 6.20

3. ผลการศึกษาวิจัย

3.1 การทดสอบการทำงานจริง

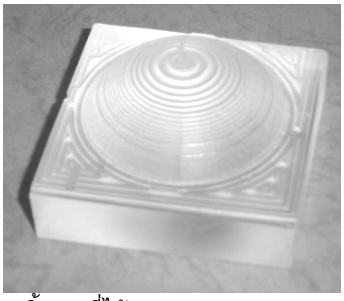
เมื่อทำการประกอบฮาร์ดแวร์และติดตั้งซอฟแวร์ควบคุมแล้ว ได้ทำการทดสอบการทำงานจริง โดยการป้อนคำสั่งครั้งละ 1 คำสั่งในระบบการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ พบว่า เครื่องกัดซีเอ็นซีสามารถทำงานได้ตามคำสั่งที่มีรูปแบบที่ถูกต้อง สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ตามคุณสมบัติของเครื่องกัด

หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยทำการออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม SolidWork 2003 ดังรูปที่ 6 แล้วทำการบันทึกในรูปแบบ IGES File หลังจากนั้นเปิดไฟล์ต้นแบบในโปรแกรม Mechanical Desktop ที่มีการติดตั้งโปรแกรม Hyper Mill ไว้เรียบร้อยแล้ว จึงทำการสร้าง NC File ตามรูปแบบที่กำหนด โดยมีการกำหนดรูปแบบของ NC Code ตามมาตรฐานเครื่องกัดซีเอ็นซียี่ห้อ MAZAK

รูปที่ 6 รูปแบบของชิ้นงานจากโปรแกรม SolidWork2003

เมื่อได้ NC File แล้ว จึงทำการคัดลอกไปไว้ยังโฟลเดอร์เดียวกันกับโปรแกรมควบคุมเครื่องกัด NC File ที่ได้จะมีส่วนขยายเป็น “nc” เมื่อเปิดโปรแกรมควบคุมเครื่องกัด ติดตั้งวัสดุที่ใช้ทดสอบ โดยในการทดสอบใช้อะคีลิคเป็นวัสดุ ใช้หัวกัดแบบ Ball Mill ขนาด 3 มิลลิเมตร และทำการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของหัวกัดแล้ว จึงเข้าสู่ระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ และสั่งเริ่มการทำงาน เครื่องกัดซีเอ็นซีจะทำการกัดวัสดุให้เป็นรูปร่างตามที่กำหนด โดยผลการทดสอบสามารถกัดชิ้นงานได้ดังรูปที่ 7

จากชิ้นงานที่เครื่องกัดทำการกัดแบบอัตโนมัติ สามารถวัดเส้นรอบวงที่ใหญ่ที่สุดได้ 39.60 มิลลิเมตร จากที่ได้ออกแบบไว้ขนาด 39.604 มิลลิเมตร ซึ่งมีความผิดพลาด (Error) 0.004 มิลลิเมตร (0.01% error)



รูปที่ 7 ชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบการทำงานจริง

3.2 การทดสอบหาค่าความผิดพลาด (Error)

การทดสอบเพื่อหาค่าความผิดพลาด (Error) สามารถทดสอบได้โดยให้คอมพิวเตอร์ทำการควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้น ทดลองกัดชิ้นงานจริงออกมาโดยใช้หัวกัดแบบ End Mill ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 มิลลิเมตร ส่วนกัดยาว 10.0 มิลลิเมตร วัสดุทดสอบเป็นอะคีลิค แล้วทำการวัดขนาดของชิ้นงานที่กัดได้ด้วยไมโครมิเตอร์ขนาดความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับแบบงานที่เป็นข้อมูลในการเขียน G-code โดยมีค่าความผิดพลาดที่ทดสอบได้มีค่ามากที่สุดสำหรับแกน X ไม่เกิน 0.749 มิลลิเมตร สำหรับแกน Y ไม่เกิน 0.762 มิลลิเมตร และสำหรับแกน Z ไม่เกิน 0.150 มิลลิเมตร

3.3 การทดสอบหาค่าความละเอียด (Resolution)

การทดสอบเพื่อหาค่าความละเอียด (Resolution) สามารถทำได้โดย

3.3.1.การหาค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่จากการคำนวณ สามารถหาได้จาก ความสามารถในการรับค่าสัญญาณน้อยที่สุดที่สามารถทำให้มอเตอร์หมุนได้ และความละเอียดของจำนวนเสต็ปใน 1 รอบของมอเตอร์ ซึ่งในการวิจัยใช้เสต็ปปิ้งมอเตอร์จำนวน 200 เสต็ปต่อรอบ และสกรูขับเคลื่อนมีความละเอียด 1 มิลลิเมตรต่อรอบ คิดเป็นการเคลื่อนที่ 0.005 มิลลิเมตรต่อเสต็ปหรือต่อการรับค่าสัญญาณ 1 ลูกคลื่น

3.3.2.การหาค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่โดยการทดลองจากเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยจะใช้วิธีป้อนค่าให้กับโปรแกรมโดยทำการป้อนระยะทางต่าง ๆ ที่กำหนดโดยมีอัตราการเพิ่มที่เท่ากัน จำนวน 100 ครั้ง แล้วนำค่าระยะทางที่วัดได้จากเกจนาฬิกาที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร มาหารด้วย 100 จะได้ค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่แต่ละครั้ง ซึ่งพบว่ามีค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด 0.005 มิลลิเมตร

3.4 การทดสอบหาค่าความสามารถในการทวนซ้ำ (Repeatability)

การทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการทวนซ้ำ (Repeatability) ทำได้โดยให้โปรแกรมทำการเคลื่อนที่มีดกัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยไม่ทำการกัดชิ้นงาน ทำการบันทึกค่าตำแหน่งในจุดเริ่มต้น แล้วเดินมีดกัดตามแนวแกน X เป็นระยะทางที่กำหนด แล้วเดินทางในแนวแกน Y ทำซ้ำจนวนเป็นรูปสี่เหลี่ยม จนกลับมาสู่ตำแหน่งเดิมเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทำซ้ำจำนวน 30 รอบ จึงทำการวัดตำแหน่งมีดกัดอีกครั้งโดยใช้เกจนาฬิกาที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เพื่อหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และทดสอบในแนวแกน Z และแกน Y จากการทดสอบพบว่ามีค่าสูงสุด 0.009 มิลลิเมตร ต่อ 30 รอบการทำงาน

4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

งานพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีนี้ ได้ทำการสร้างระบบควบคุมโดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาลเป็นส่วนควบคุมการทำงานของแผงวงจรควบคุมเสต็ปปิ้งมอเตอร์ที่อยู่บนเครื่องกัดซีเอ็นซี และยังเป็นส่วนแสดงผลตำแหน่งและแสดงสถานะการทำงานของโปรแกรม โดยโปรแกรมสามารถทำงานได้ทั้งในระบบกึ่งอัตโนมัติ คือ การทำงานโดยรับคำสั่ง G code ทีละคำสั่ง และสามารถทำงานในระบบอัตโนมัติโดยรับคำสั่งจากโปรแกรม NC ที่มีมาตรฐานและรูปแบบการเขียนคำสั่งตามเครื่องกัดซีเอ็นซียี่ห้อ MAZAK ในการพัฒนาได้ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในการเขียนโปแกรมการควบคุมการทำงาน แล้วจึงนำโปรแกรมสำเร็จรูปไปติดตั้งในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์แบบแผงวงจรเดี่ยว ทำการปรับปรุงระบบการสื่อสารเข้า-ออกของสัญญาณดิจิตอล แล้วจึงทำการทดสอบ พบว่า เครื่องกัดสามารถทำงานโดยมีค่าความผิดพลาด (Error) มากที่สุดไม่เกิน 0.762 มิลลิเมตร ค่าความผิดพลาดที่มากนี้อาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น ความมั่นคงของฐานเครื่องมือ พบว่าเมื่อมีการทำงานและหยุดกะทันหัน ฐานของเครื่องมือจะสั่นเล็กน้อย การจับยึดชิ้นงานกับโต๊ะงาน รวมทั้งการตั้งค่าออฟเซตของหัวกัด ซึ่งพบว่าในการกัดส่วนของวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กจะทำให้มีค่าความผิดพลาดมากขึ้น การทดสอบหาค่าความละเอียด(Resolution) ในการทำงานมีค่าน้อยที่สุด 0.005 มิลลิเมตร เนื่องจากใช้เสต็บปิ้งมอเตอร์ขนาดความละเอียด 200 เสต็ปต่อรอบ และใช้สกรูขับความละเอียด 1 มิลลิเมตรต่อรอบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเครื่องมือที่ไม่สามารถสั่งงานได้ละเอียดกว่านี้ และการทดสอบหาค่าความสามารถในการทวนซ้ำ (Repeatability) ซึ่งพบว่ามีค่าสูงสุด 0.009 มิลลิเมตรต่อการทดสอบ 30 รอบการทำงาน เนื่องจากฐานของเครื่องมือที่ไม่มั่นคงและมีการสั่นเล็กน้อยในขณะที่หยุดการทำงาน ในการทดสอบไม่ได้ทำการกัดชิ้นงานจริง ดังนั้นในการทำงานจริงที่มีการกัดชิ้นงานจะมีตัวแปรอื่นที่สามารถทำให้เกิดความผิดพลาดได้มากกว่า และได้ทำการกัดชิ้นงานจริงแบบ 3 มิติ พบว่าสามารถกัดชิ้นงานได้ตรงตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้โปรแกรม Solidwork 2003 แล้วทำการแปลงแฟ้มรูปสามมิติเป็นโปรแกรม NC โดยใช้โปรแกรม HyperMill โดยชิ้นงานที่กัดจริงมีค่าความผิดพลาด (Error) มากที่สุด 0.004 มิลลิเมตร (0.01% error) ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบควบคุมทั้งหมดประมาณ 15,000 บาท

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ตะวัน สุจริตกุล อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิจัยที่กรุณาให้คำแนะนำและสนับสนุนการทำวิจัยนี้จนสำเร็จ อาจารย์ปรีชา ชิโนเรศโยธิน โรงเรียนนครสวรรค์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและการติดตั้งระบบเครือข่าย คณะอาจารย์ คณะครูทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและให้ความกรุณาสนับสนุนการทำวิจัย บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาและการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงศักดิ์ บุญเสริมสุวงศ์, “ไมโครคอลโทรลเลอร์กับภาษาซี ตอน เหตุผล 7 ประการที่ควรใช้ภาษาซี” , วารสารเซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์,ฉบับที่ 241, ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2545

[2] จิตตกร ทรงต่อศรีสกุล, ”การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, มปพ ,2543

[3] ชาลี ตระการกูล,”เทคโนโลยีซีเอ็นซี”, พิมพ์ครั้งที่ 1,ส.เอเชียเพรส, 2537

[4] ณวัชร์ พงษ์พานิช, “การจำลองการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซีบนคอมพิวเตอร์” ,วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มปพ ,2542

[5] นราธิป วีระกิจพานิช, “การวางแผนกระบวนการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสำหรับเครื่องจักรเจาะรูแบบซีเอ็นซีเทอร์เรตพันช์” , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2543

[6] มนัส ศรีวงศ์, “การพัฒนาและสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซีแนวตั้งขนาดเล็ก”,วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, มปพ ,2539

[7] รวิ อุตตมธนินทร์, “การสร้างต้นแบบส่วนควบคุมเครื่องกัดแนวดิ่งซีเอ็นซี”,วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มปพ ,2541

[8] สันติ ตั้งรพีพากร, “เจาะลึกซีเอ็นซี”, พิมพ์ครั้งที่ 1 , โกลเบิ้ล เบรน, 2543

[9] สิริวรินทร์ เพชรรัตน์, “เครื่องกัดแนวดิ่งซีเอ็นซีบนพื้นฐานไมโครคอมพิวเตอร์” ,ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, มปพ ,2538

[10] อำนาจ ทองแสน, “ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์”, พิมพ์ครั้งที่ 1,ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2544

[11] “Mitt-Mite Module User’s Manual”, Taiwan: ICOP Technology Inc., 2001

[12] “Software Description EMCO WinNC GE FANUC Serier 0-MC”,1995.