การพัฒนาเซลล์การผลิตอัตโนมัติ: กรณีศึกษาเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

Development of Automated Manufacturing Cell: A Case Study of Machining Center and Industrial Robot

ธเนศ รัตนวิไล[1]* สมชาย ชูโฉม[2] และ วิษณุ รัตนะ[3]
Thanate Ratanawilai[1]* Somchai Chuchom[2] and Witsanu Rattana[3]

บทคัดย่อ

การนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยี่ห้อ KUKA รุ่น KR C6 มาร่วมประยุกต์ใช้งานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี ยี่ห้อ CINCINNATI รุ่น ARROW VMC 750 เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันในการสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างสัมพันธ์กัน เป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาสู่เซลล์การผลิตแบบอัตโนมัติ ในการเพิ่มศักยภาพของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากการศึกษาระบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมพบว่าการพัฒนาเพื่อเชื่อมโยงการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองจะต้องทำการพัฒนาระบบการเปิด-ปิดประตู และระบบการจับยึดชิ้นงานบนเครื่องกัดซีเอ็นซีให้เป็นแบบอัตโนมัติด้วยระบบนิวเมติกส์และพัฒนาระบบวงจรการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วย M-function ของเครื่องกัดซีเอ็นซี เซลล์การผลิตที่พัฒนาขึ้นนี้ถูกทดสอบความถูกต้องและเหมาะสมโดยการเขียนโปรแกรม ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ให้ป้อนชิ้นงานให้กับเครื่องกัดซีเอ็นซีเพื่อกัดชิ้นงานตามแบบที่กำหนด พบว่าเครื่องจักรทั้งสองสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสัมพันธ์กันทุกขั้นตอน ผลสำเร็จของการพัฒนาเซลล์การผลิตระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นการยืนยันแนวคิดที่จะใช้เป็นแนวทางในการขยายผลไปสู่การพัฒนาระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เครื่องกัดซีเอ็นซี หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ระบบเชื่อมโยงข้อมูล เซลล์การผลิต

Abstract

An application of KUKA industrial robot of a KR C6 model and a CINCINNATI CNC milling machine of VMC 750 model to enhance data link so that both machines can communicate and work together was one of development guidelines to form automatic production cells. This will increase potentiality and flexibility of machines. According to the investigation of structural operation system of CNC milling machine

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
[3] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
* Corresponding Author, Tel. 0-7428-7151, E-mail: thanate.r@psu.ac.th

รับเมื่อ 24 มิถุนายน 2553 ตอบรับเมื่อ 26 เมษายน 2554

and an industrial robot, door open – close system and clamping system of CNC milling machine should be improved so that it could work automatically. This could be done with the help of pneumatic system. M-function was suggested to be used to develop the interface system of the industrial robot and the CNC milling machine. The developed production cell was tested using the provided program for enabling the industrial robot to feed the work piece to the CNC milling machine to mill as designed. It was found that both machines could mutually operate every step of the designed process correctly and appropriately. The success of production cell development using an industrial robot and a CNC milling machine in this study confirmed that its extension to more complicated flexible manufacturing systems is possible.

Keywords: Machining Center, Industrial Robot, Interface, Cell Manufacturing

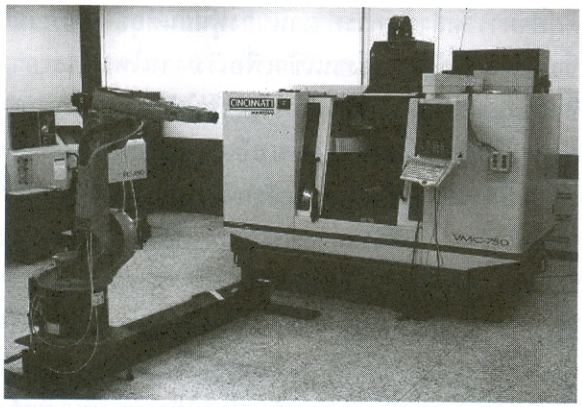
1. บทนำ

โดยปกติเครื่องซีเอ็นซีถูกออกแบบให้มีการทำงานรูปแบบเดียวตามลักษณะของการแปรรูป เช่น เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องเจาะ เป็นต้น แต่บ่อยครั้งที่ชิ้นงานไม่สามารถทำให้เสร็จสมบูรณ์ได้จากเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียวหรือหากทำได้ก็จำเป็นต้องมีการจับยึดชิ้นงานหลายครั้งเพื่อให้สามารถทำขั้นตอนถัดไปได้ เนื่องมาจากความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ที่มีมากขึ้น ดังนั้นหากต้องการให้กระบวนการดังกล่าวเสร็จสิ้นในการทำงานเพียงครั้งเดียว ต้องนำเครื่องจักรในกระบวนการผลิตนั้นๆ มารวมเป็นเซลล์การผลิตเดียวกัน ในปัจจุบันมีการนำเอาระบบแคด/แคม (CAD/CAM-Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) [1], [2] และระบบซีเอ็นซี (Computer Numerical Control) [2], [3] เข้ามาช่วยงานการผลิตเพื่อให้ชิ้นงานที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ และสามารถผลิตได้อย่างสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น นั่นคือมีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยอาศัยระบบแคดแล้วส่งข้อมูลที่ได้ผ่านระบบแคม เพื่อให้เครื่องจักรซึ่งมีระบบควบคุมซีเอ็นซีทำหน้าที่ผลิตชิ้นงาน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าเครื่องจักรกลทั่วไปหลายเท่าแต่ยังคงต้องอาศัยผู้ควบคุมเครื่องจักรที่มีทักษะและความชำนาญในการควบคุมเครื่องจักรสูงด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังมีข้อจำกัดและปัญหาในการทำงานอื่นๆ อีก เช่น มาสาย ลาหยุด หรือป่วย เป็นต้น ดังนั้นโรงงานที่ต้องการกำลังการผลิตจำนวนมากที่ต้องทำงานตลอด 24 ชั่วโมงจึงนำเอาระบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robots) เข้ามาใช้งานร่วมกับระบบการผลิตที่ใช้ระบบซีเอ็นซี เช่น อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ การผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หรือใช้ในงานการประกอบที่กระบวนการทำงานซ้ำๆ กันและมีจำนวนมาก รวมถึงการปฏิบัติงานภายใต้สภาพการที่เสี่ยงภัย ก่อให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะหรือชีวิตของผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น ส่งผลให้การใช้งานหุ่นยนต์ร่วมกับระบบอื่นๆ มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือมีเงินทุนสูงอาจมีการวางระบบการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยใช้ทั้งระบบซีเอ็นซี ระบบแคด/แคม และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้ทำงานร่วมกันโดยมีระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติที่ได้รับการติดตั้งเป็นชุดเดียวกันทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ มีการเชื่อมต่อข้อมูล (Interface) ร่วมกัน สามารถติดต่อประสานการทำงานได้อย่างต่อเนื่องและสัมพันธ์กันตามลำดับงานที่กำหนด ทำให้ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องและแม่นยำ อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นก็จะสูงตามไปด้วย ในขณะที่หลายๆ โรงงานที่มีเครื่องจักรซีเอ็นซี ระบบแคด/แคม และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่ทำงานแยกกันตามลักษณะของงานหรือตามสภาพคล่องหรือตามการขยายตัวของโรงงานโดยอาจจะทำการซื้อครั้งละระบบตามสภาพความพร้อมทำให้ขาดสภาพคล่องในการทำงานของเครื่องจักรและระบบต่างๆ ส่งผลให้เกิดการใช้งานที่ยังไม่เต็ม

ประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อทำให้ทั้ง 3 ระบบดังกล่าวมีการทำงานร่วมกันและสามารถตอบโต้ข้อมูลระหว่างเครื่องซีเอ็นซีไปยังหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ซึ่งอาจใช้ระบบพีแอลซี (PLC-Programmable Logic Control) หรือระบบอื่นๆ เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลซึ่งจะเป็นการพัฒนาระบบที่มีอยู่แล้วให้สามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้นและจะเป็นทางเลือกให้โรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรและระบบแคด/แคมอยู่แล้วตัดสินใจได้ว่าต้องการพัฒนาระบบที่ใช้ในปัจจุบันหรือติดตั้งระบบใหม่ทั้งระบบ เพื่อให้สามารถเข้าสู่ตลาดการแข่งขันได้ ทั้งนี้จากการสำรวจเอกสารพบว่าได้มีหลายๆ งานวิจัยที่ได้ทำการพัฒนาระบบงาน โดยนำเอาระบบหุ่นยนต์เข้ามาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยการนำเอาระบบฐานข้อมูลมาเชื่อมโยงเข้ากับระบบการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติกโดย Kutshelis และ Sohn [4] ได้ทำการทดลองสร้างระบบเครื่องฉีดพลาสติกโดยมีหุ่นยนต์ (Robot) ช่วยในการตัดรูฉีด (Sprue) จับชิ้นงานออก (Unloading) ตลอดจนการตรวจเช็คและบรรจุหีบห่อ (Checking and Final Packing) มีระบบพีแอลซีช่วยในการเชื่อมโยง (Interface) ข้อมูลของหุ่นยนต์กับเครื่องฉีดพลาสติกและระบบฐานข้อมูลการผลิตซึ่งช่วยให้ระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นมากขึ้น Hellgren และคณะ [5] ทำการศึกษาและสร้างระบบฐานข้อมูลของเซลล์การผลิตชิ้นงานโดยเชื่อมโยงระบบการผลิตให้เป็นระบบเดียวกันผ่านการควบคุมจากผู้ดูแลระบบ โดยข้อมูลระบบการควบคุมการสั่งงานจะถูกป้อนเข้าไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นทางเลือกในการตัดสินใจและการสร้างภาพจำลองการตรวจสอบการขนย้ายวัสดุก่อนนำคำสั่งเหล่านี้ไปปฏิบัติงานจริงด้วยเครื่องจักรและหุ่นยนต์ในลำดับต่อไป ซึ่งทั้งหมดนี้ถูกรวมเป็นหน่วยการผลิตเดียวกันและเป็นการผลิตแบบยืดหยุ่นที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าไปปรับปรุงแก้ไขได้อย่างสะดวก นอกจากนี้ยังพบการเชื่อมโยงเครือข่ายข้อมูลระบบภายในให้มีการติดต่อประสานงานเป็นระบบเดียวกันในการประกอบไมโครชิปด้วยหุ่นยนต์ [3] Gultekin และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาการจัดลำดับการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งทำหน้าที่ป้อนชิ้นงานเข้าเพื่อเริ่มงานใหม่และเอาชิ้นงานออกเมื่อเครื่องจักรทำงานเสร็จให้สามารถทำงานเป็นระบบเซลล์การผลิตแบบยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยเครื่องซีเอ็นซีสามเครื่อง นอกจากนี้ยังพบการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์เพื่อช่วยงานในชีวิตประจำวันได้แก่ การศึกษาของ Yan และคณะ [7] ซึ่งได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น RV-M1 โดยการออกแบบมือของหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้กับการนวดกล้ามเนื้อของมนุษย์ เช่น แขน คอ ไหล่และหลัง โดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ (Sensor) ในการวิ่งหาตำแหน่งและแรงที่ใช้ในการบีบนวดซึ่งกระบวนการนวดของหุ่นยนต์ใช้เทคโนโลยีการสอนให้หุ่นยนต์จำภาพ (Image Processing) แล้ววิ่งไปตามเส้นทางการมองเห็นแล้วจึงทำการนวด เมื่อกล้ามเนื้อตอบสนองแรงกลับจนเซ็นเซอร์ทำงานและสั่งการให้มือของหุ่นยนต์ปล่อยแรงบีบและวิ่งไปหาตำแหน่งต่อไปกระทำแบบนี้ซ้ำๆ กันเป็นวงจร

จะเห็นได้ว่า การจัดการเครือข่ายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบการผลิตอัตโนมัติแบบยืดหยุ่นทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ต่างๆ ให้ทำงานตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้สามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ซึ่งเป็นเซลล์การผลิตหนึ่งของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น จึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้การผลิตมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ของการพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยระบบพีแอลซีให้สามารถทำงานร่วมกันได้โดยใช้ M-function (Miscellaneous Functions) ซึ่งเป็นคำสั่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกการทำงานของเครื่องซีเอ็นซีที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของใบมีด ในการพัฒนาระบบการป้อนชิ้นงานให้เป็นระบบอัตโนมัติ จึงเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้



รูปที่ 1 เครื่องจักรซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์

ในงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์หลัก ได้แก่เครื่องกัดอัตโนมัติเอนกประสงค์ยี่ห้อ Cincinnati รุ่น Arrow VMC 750 ซึ่งเป็นเครื่องซีเอ็นซีที่ประกอบด้วย 3 แกนหลัก คือ แกน X Y และ Z และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยี่ห้อ Kuka รุ่น KR C1 เป็นหุ่นยนต์ที่มี 6 แกนและควบคุมการทำงานด้วยระบบซีเอ็นซี (ดังรูปที่ 1) สามารถทำงานได้เอนกประสงค์ตามการเขียนโปรแกรมควบคุมและการออกแบบแขนกลหรือลักษณะของมือจับ (Gripper) โดยสามารถรับคำสั่งการทำงานจากภายนอกได้ เช่น การรับสัญญาณคำสั่งจากเซนต์เซอร์หรือสัญญาณอินพุตจากเครื่องจักรอื่น รวมทั้งสามารถส่งสัญญาณเอาท์พุตตอบโต้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ได้แก่

- โซลีนอยด์วาล์ว รับแรงดันได้ตั้งแต่ 0-10 บาร์ ยี่ห้อ Shanko รุ่น PU520-02D ทำหน้าที่เปิด-ปิดลมไปยังกระบอกลมเพื่อเปิดและปิดประตูเครื่องกัดซีเอ็นซี
- ปากกาจับชิ้นงานระบบนิวเมติกส์ที่สามารถปรับแรงดันลมได้ตั้งแต่ 0-10 บาร์
- กระบอกลม ขนาดลูกสูบและกระบอกสูบ 1½ นิ้ว (38.1 มม.) ทำด้วยอะลูมิเนียม ระยะชักรวม 500 มม. แกนดึงสแตนเลสขนาด 3/8 นิ้ว (9.5 มม.) ทำหน้าที่เปิด-ปิดประตูเครื่องกัดซีเอ็นซี

2.2 วิธีการทดลอง

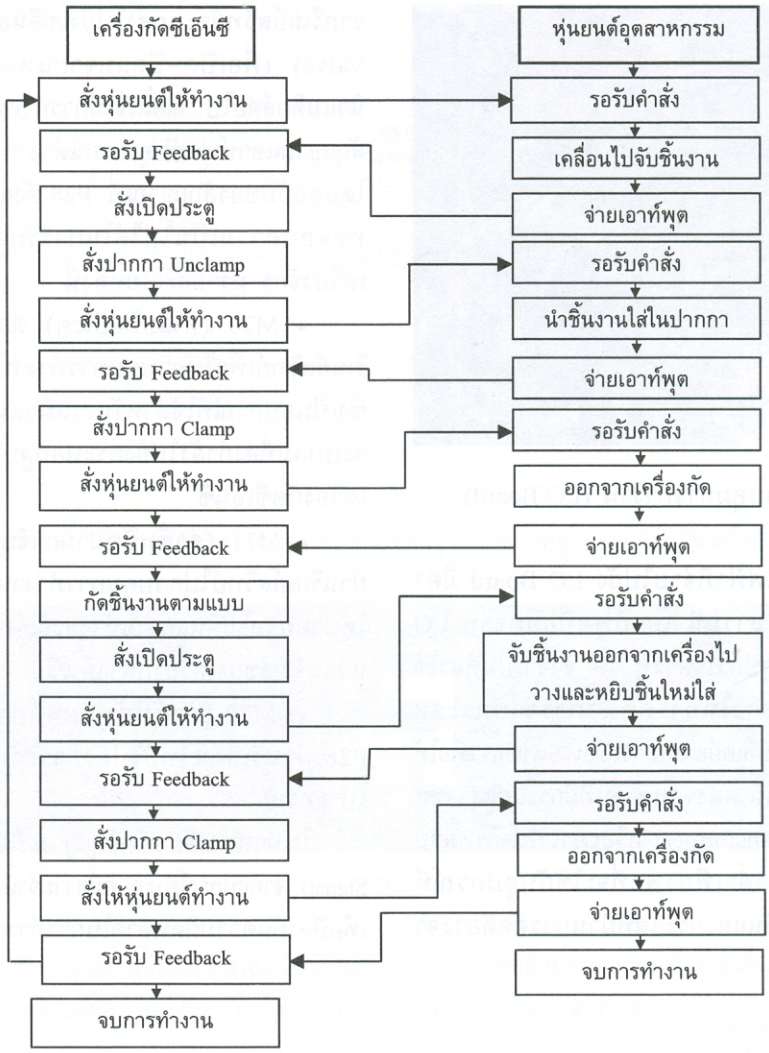
การศึกษาการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมผ่านการควบคุมด้วย PLC มีลำดับขั้นตอนการทำงาน ได้แก่ 1) พัฒนาระบบเปิด-ปิดประตูและการจับยึดชิ้นงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีให้เป็นแบบอัตโนมัติและระบบการส่งสัญญาณ 2) พัฒนาระบบรับ-ส่ง สัญญาณของการเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติและการป้อนและหยิบชิ้นงานด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 2 เพื่อนำไปออกแบบวงจรการเชื่อมโยงข้อมูลในการต่อพ่วงอุปกรณ์

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

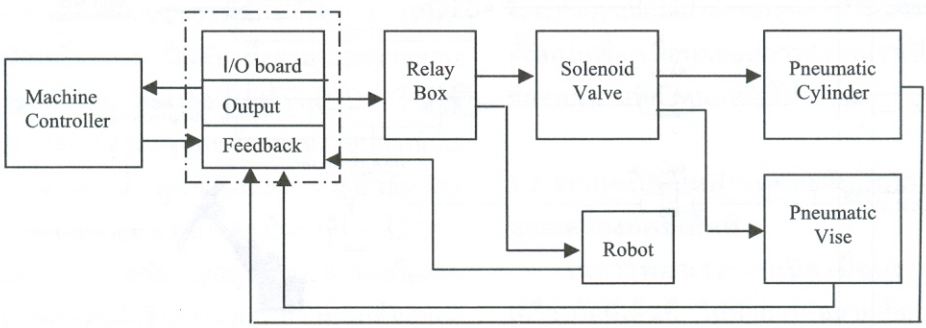
ก่อนทำการพัฒนาและติดตั้งระบบเปิด-ปิดประตูและการจับยึดชิ้นงานอัตโนมัติของเครื่องกัดซีเอ็นซีนั้นต้องทำการออกแบบวงจรการเชื่อมโยงข้อมูล จากนั้นจึงทำการติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์และทำการตรวจสอบระบบการทำงาน โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

3.1 วงจรการเชื่อมโยงข้อมูล

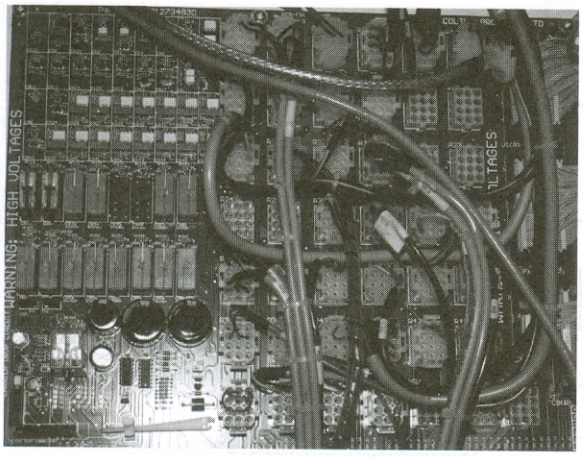
การเชื่อมต่อการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างเครื่องจักรระบบซีเอ็นซี จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาระบบไฟฟ้าและระบบพีแอลซีที่ควบคุมลำดับการทำงาน (Sequence) ของเครื่องจักร โดยแผนผังการต่อพ่วงอุปกรณ์และเชื่อมต่อสัญญาณถูกออกแบบจากลำดับขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 3 สำหรับการรับและส่งคำสั่งของเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยส่วนใหญ่จะถูกควบคุมผ่านระบบพีแอลซี เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานอีกต่อหนึ่ง ดังนั้นการนำเอาสัญญาณ (Signal) จากคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานจะต้องทำการศึกษาโครงสร้างและรูปแบบของแผงควบคุมการทำงาน (I/O Board) ดังรูปที่ 4 ซึ่งเปรียบเสมือนศูนย์รวมของการสั่งการทั้งระบบผ่านระบบพีแอลซี โดยส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณ (Port) ต่างๆ ที่ถูกออกแบบและติดตั้งบน I/O Board จึงจะสามารถนำเอาสัญญาณเอาท์พุตไปใช้งานหรือนำอินพุตมาสั่งการเครื่องจักรได้ ผลจากการศึกษาพบว่า I/O Board สามารถรับแรงดันอินพุต 24 VDC และสามารถจ่ายแรงดันเอาท์พุต 110 VAC



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของลำดับการทำงานระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม



รูปที่ 3 แผนผังการต่ออุปกรณ์และการเชื่อมต่อสัญญาณ

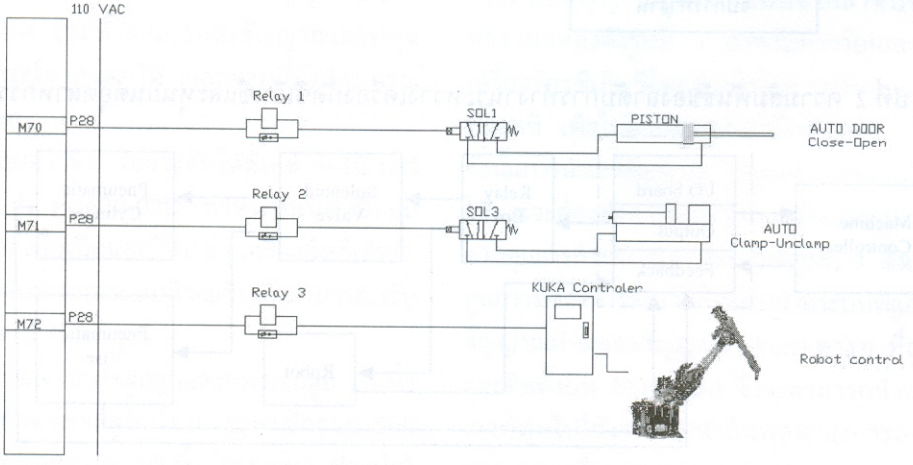


รูปที่ 4 แผนควบคุมการทำงาน (I/O Board)

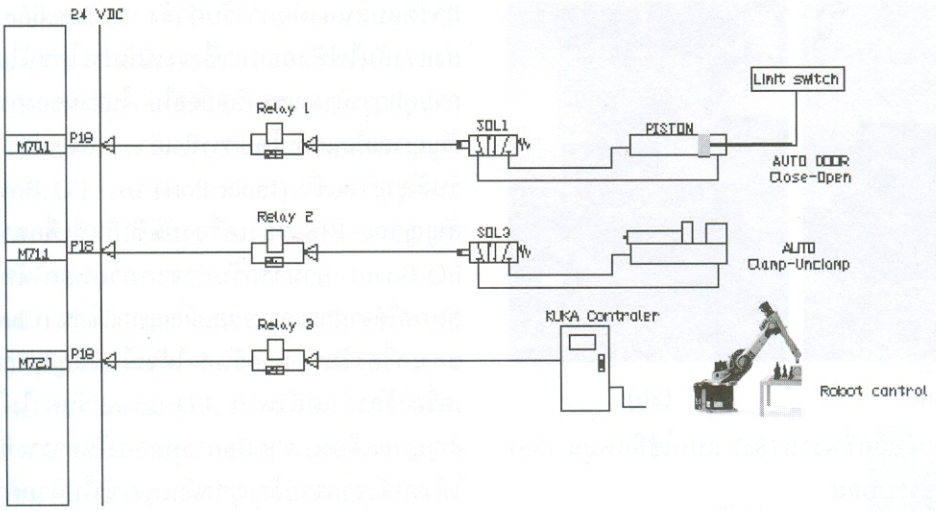
แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยัง I/O Board มีค่าน้อยเกินไปจึงไม่สามารถนำเอาท์พุตที่ออกจาก I/O Board ไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นตัวกลางในการตัดต่อการจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้า เช่น รีเลย์สวิทย์ (Relay Switch) เพื่อให้สามารถรับอินพุตจากแหล่งจ่ายตัวอื่นที่มีกระแสสูง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) หรือเพาเวอร์ซัพพลาย ให้เหลือกระแสไฟฟ้าต่ำเพียงพอที่จะใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ เช่น แรงดันและกระแสที่ผ่านการตัดต่อวงจรจากรีเลย์สวิทย์จะถูกส่งไปยังโซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) เพื่อเปิด-ปิดลมจากแหล่งจ่ายไปยังอุปกรณ์นิวแมติกส์ต่อไป ดังนั้นจึงมีการกำหนดวงจรการเชื่อมโยงสัญญาณเอาท์พุตกับอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับ I/O Board โดยต่อกับช่องสัญญาณที่ P28 ดังแสดงในรูปที่ 5 เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

- M70 (คำสั่งเปิดประตู) ต่อผ่านช่อง P28 ผ่านรีเลย์สวิทย์เพื่อไปควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์วาล์ว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานนิวแมติกส์ มีหน้าที่ตัดต่อระบบลมที่ส่งกำลังไปยังกระบอกสูบ เพื่อเปิด-ปิดประตูเครื่องกัดซีเอ็นซี
- M71 (คำสั่งเปิดปากกาจับ) ต่อผ่านช่อง P28 ผ่านรีเลย์สวิทย์ไปควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์วาล์ว ให้ปล่อยลมไปดันลูกสูบเข้าและออก เพื่อเปิด-ปิดปากกานิวแมติกส์ของเครื่องกัดซีเอ็นซี
- M72 (คำสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน) ต่อผ่านช่อง P28 ผ่านรีเลย์สวิทย์ไปสั่งการให้หุ่นยนต์ทำงานตามโปรแกรม

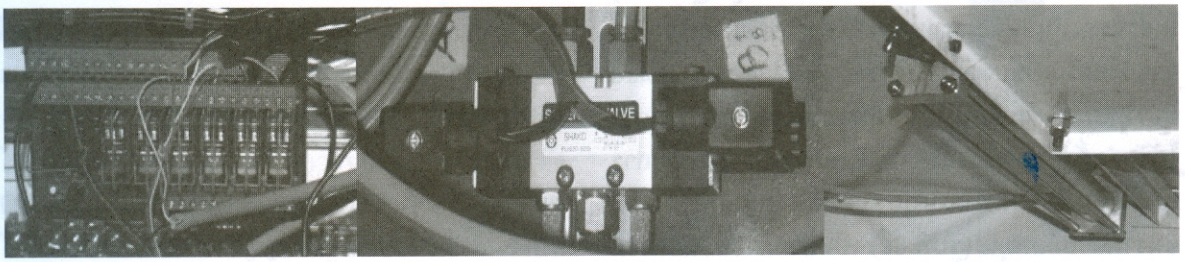
ในทำนองเดียวกันสัญญาณป้อนกลับ (Feedback Signal) จากอุปกรณ์ต่างๆ ก็มีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน อันอาจก่อให้เกิด



รูปที่ 5 รูปแบบวงจรการนำเอาท์พุตจาก I/O Board ไปใช้งาน



รูปที่ 6 รูปแบบวงจรตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ว่าอยู่ในสถานะเปิดหรือปิด



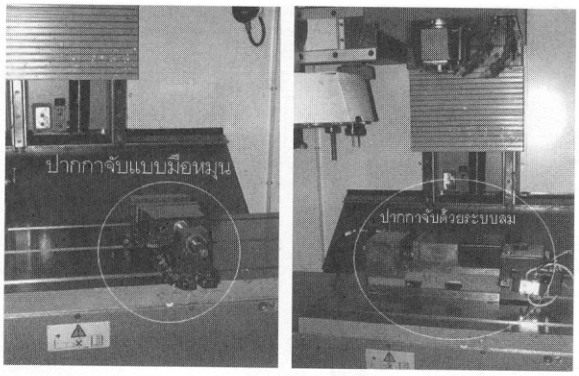
(7a) (7b) (7c)

รูปที่ 7 ระบบเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติของเครื่องกัดซีเอ็นซี (7a) การต่อสายสัญญาณเข้าวงจรรีเลย์ (7b) การต่อสายสัญญาณเข้าโซลีนอยด์วาล์ว (7c) การติดตั้งกระบอกลมเพื่อเปิด-ปิดประตู

ความเสียหายต่อเครื่องจักรได้ เช่น การที่เครื่องกัดซีเอ็นซีปิดประตูโดยที่แขนของหุ่นยนต์ยังทำการหยิบชิ้นงานภายในเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากสถานะของอุปกรณ์ว่าอยู่ในสถานะเปิดหรือปิด การออกแบบวงจรเพื่อตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์นั้นทำได้โดยการนำสายสัญญาณป้อนกลับต่อเข้ากับช่องอินพุต P18 ของ I/O Board ดังแสดงในรูปที่ 6 หลังจากทำการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์แล้วจึงตรวจสอบความถูกต้องของการจ่ายแรงดันเอาท์พุตและการรับค่าแรงดันอินพุต เมื่อได้รับการกระตุ้นการทำงานจากการใช้คำสั่ง M-function หากผลการตรวจสอบการรับ-จ่ายสัญญาณเป็นไปตามที่กำหนดแล้วจึงจะทำการเขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองเครื่องเพื่อทดสอบการทำงานว่าเป็นไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดหรือไม่

3.2 ระบบเปิด-ปิดประตูและจับยึดชิ้นงานอัตโนมัติของเครื่องกัดซีเอ็นซี

ในการพัฒนาระบบเปิด-ปิดประตูอัตโนมัติของเครื่องกัดซีเอ็นซี ได้ทำการต่อสายสัญญาณจาก P28 ไปยังวงจรออปโต้ไอโซเลทเพื่อต่อเข้าวงจรรีเลย์ (รูปที่ 7a) ให้ตัดต่อการทำงานของโซลีนอยด์วาล์ว (รูปที่ 7b)



(8a) (8b)

รูปที่ 8 ปากกาจับยึดชิ้นงาน (8a) แบบใช้มือหมุน (8b) แบบใช้ระบบลม

เพื่อสั่งจ่ายลมไปดันกระบอกลมให้เปิด-ปิดประตู (รูปที่ 7c) ในส่วนของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ทำการต่อสายสัญญาณจากวงจรรีเลย์ของเครื่องกัดซีเอ็นซีไปยัง I/O Board ของหุ่นยนต์เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานตามโปรแกรมเมื่อได้รับคำสั่งจากเครื่องกัดซีเอ็นซีในการพัฒนาระบบการจับยึดชิ้นงานให้เป็นแบบอัตโนมัติจากปากกาจับยึดชิ้นงานด้วยมือหมุน (รูปที่ 8a) เป็นปากกาจับยึดชิ้นงานด้วยระบบนิวเมติกส์หรือจับยึดด้วยระบบลม (รูปที่ 8b) โดยทำการต่อสายสัญญาณจาก P18 เข้าวงจรรีเลย์เพื่อสั่งจ่ายลมไปควบคุมการจับยึดชิ้นงาน

3.3 สัญญาณการเชื่อมต่อ

หลังจากทำการออกแบบวงจรเพื่อศึกษาการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และเครื่องจักรซึ่งรวมถึงวงจรสำหรับสัญญาณย้อนกลับ แล้วจึงทำการต่อพ่วงอุปกรณ์ตามแบบวงจรเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงและติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยการเขียนโปรแกรมในโหมด Manual Data Input (MDI) ของเครื่องกัดซีเอ็นซีและวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจาก I/O Board ในช่องสัญญาณ P28 ผลที่ได้จากการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากการตรวจสอบแรงดันขาออกจาก I/O Board ด้วยคำสั่ง M70 M71 และ M72 ใน Mode MDI พบว่า I/O Board มีการตอบสนองต่อการรับคำสั่ง M-function โดยมีการส่งแรงดันไฟฟ้าออกมาซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ต่อไป ในส่วนของการตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับโดยการนำเอา Proximity ต่อกับช่องรับสัญญาณเข้า (Input Port) บน I/O Board ในช่องสัญญาณ P18 ของเครื่องกัดซีเอ็นซีเพื่อตรวจสอบว่า I/O Board สามารถรับค่าจากภายนอกได้หรือไม่ ซึ่งสังเกตได้จากการตรวจสอบสัญญาณเตือน (Check Alarm) ของเครื่องจักร หากรับค่าได้จะไม่มีสัญญาณเตือนจากเครื่องจักร แต่ถ้าหาก I/O Board รับค่าไม่ได้ก็จะเกิดสัญญาณเตือน จากผลการทดลองในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าหลังจากจ่ายสัญญาณอินพุตเข้าไปด้วยคำสั่ง M70 M71 และ M72 ไม่ปรากฏสัญญาณเตือนจาก I/O Board ของเครื่องกัดซีเอ็นซี แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรสามารถรับค่าอินพุตจากภายนอกได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ในรับและส่งข้อมูลเพื่อการพัฒนาสู่เซลล์การผลิตต่อไป

ตารางที่ 1 ผลของสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจาก I/O Board ในช่องสัญญาณ P28

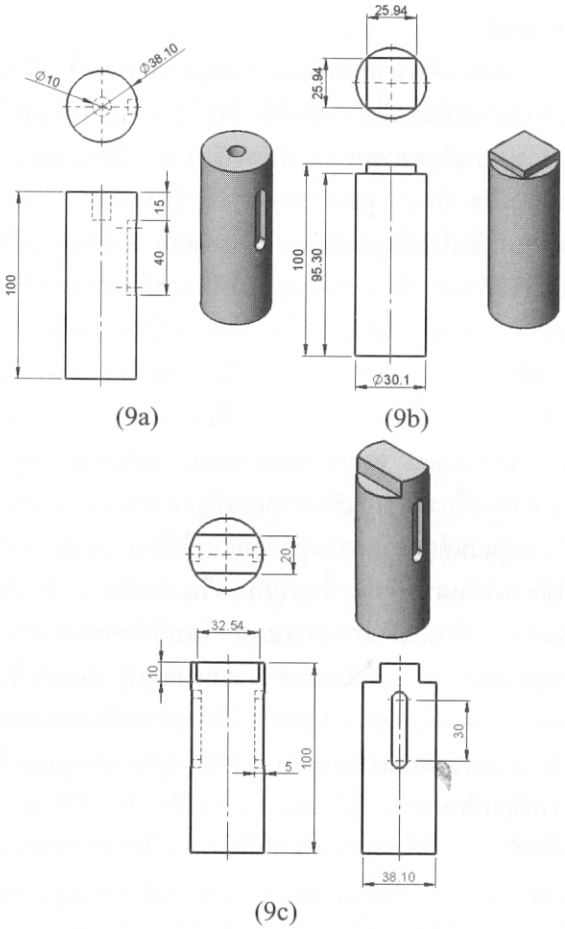
คำสั่ง	Output	I/O Logic
M70	110 VAC	1
M71	110 VAC	1
M72	110 VAC	1
M70.1	0 VAC	0
M71.1	0 VAC	0
M72.1	0 VAC	0

ตารางที่ 2 ผลของการต่อ Proximity กับช่องรับสัญญาณเข้าบน I/O Board ในช่องสัญญาณ P18

คำสั่ง	Output	I/O Logic
M70	1	Not alarm
M71	1	Not alarm
M72	1	Not alarm
M70	0	Alarm
M71	0	Alarm
M72	0	Alarm

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการใช้คำสั่ง M-function ให้มีการจ่ายสัญญาณเอาท์พุทออกเป็นไฟฟ้าแรงดัน 110 VAC เพื่อสั่งจ่ายให้อุปกรณ์ที่ได้รับการต่อพ่วงกับช่องสัญญาณดังกล่าวทำงาน โดยโปรแกรมจะหยุดรอจนกว่ามีสัญญาณ Feedback กลับมายกเลิกการทำงานโปรแกรมถึงจะดำเนินงานต่อไป สัญญาณ Feedback ที่นำมายกเลิกการทำงานอาจเป็น M Code เช่น M70.1 (ยกเลิกการทำงานของ M70) คำสั่ง M71.1 (ยกเลิกการทำงานของ M71) เป็นต้น หรืออาจทำการยกเลิกการทำงานของ M-function โดยสัญญาณ Feedback ซึ่งเป็นไฟฟ้าแรงดัน 24 VDC ที่ต่อกับอุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานของคำสั่ง เช่น Limit Switch และ Proximity เป็นต้น หลังจากนั้นจึงได้ทำการทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองเครื่องซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นให้เป็นเซลล์การผลิตอัตโนมัติ

จากการออกแบบเพื่อกัดชิ้นงานตัวอย่าง 3 รูปแบบจากเพลากลม ดังรูปที่ 9 แต่ละรูปแบบทำซ้ำ 3 ชิ้น โดยชิ้นงานรูปแบบแรกเป็นการจับชิ้นงานในแนวตั้งและกัดปลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมดังรูป 9a ด้วยคำสั่ง G25 โดยมีลำดับการทำงานคือประตูเครื่องกัดซีเอ็นซีเปิดออกด้วยคำสั่ง M70 ปากกาจับเปิดด้วยคำสั่ง M72 หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานด้วยคำสั่ง M73 เพื่อส่งให้ปากกาจับและปิดปากกาจับด้วยคำสั่ง M72.1 ประตูถูกปิดด้วยคำสั่ง M71 เครื่องกัดซีเอ็นซีพร้อมกัดชิ้นงาน เสร็จแล้วหุ่นยนต์จะหยิบชิ้นงานออกพร้อมป้อนชิ้นที่ 2 และ 3 เข้าทำการผลิตตามลำดับ ส่วนชิ้นงานรูปแบบที่ 2 ซึ่งมีลำดับการทำงานคล้ายกับรูปแบบแรกแต่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น นั่นคือทำการเจาะรูที่ปลายชิ้นงานและเซาะร่องด้านข้างดังรูป 9b ด้วยคำสั่ง G81 และ G01 ตามลำดับ และชิ้นงานรูปแบบที่ 3 เป็นการกัดที่ปลายชิ้นงานและเซาะร่องด้านข้างดังรูป 9c ด้วยคำสั่ง G01 ผลการทดลองพบว่าเครื่องจักรทั้งสองสามารถทำงานตามโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและสัมพันธ์กัน กล่าวคือระบบเปิด-ปิดประตูและระบบเปิด-ปิดปากกาจับชิ้นงานสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเมื่อได้รับคำสั่ง M70 M71 M72 และ M72.1 และเมื่อเครื่องกัดซีเอ็นซีสั่งให้หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานโดยใช้คำสั่ง M73 หุ่นยนต์มีการสนองต่อคำสั่งและเครื่องกัดซีเอ็นซีก็มีการหยุดรอจนกว่าจะมีสัญญาณสั่งการจากหุ่นยนต์อีกครั้งจึงจะเริ่มทำงานในขั้นตอนถัดไป แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรทั้งสองสามารถเชื่อมโยงข้อมูลเป็นหน่วยการผลิตเดียวกัน ในส่วนของชิ้นงานที่ผลิตขึ้นทั้ง 9 ชิ้นมีขนาดและรูปร่างถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้ควบคุมเครื่องจักรในการถอดใส่ชิ้นงาน ด้านงบการลงทุนในส่วนของฮาร์ดแวร์รวมทั้งสิ้นประมาณ 90,000 บาท โดยค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เป็นของปากกาจับชิ้นงานแบบนิวเมติกส์ประมาณ 72,000 บาท ซึ่งสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าอุปกรณ์ทั้งหมด



รูปที่ 9 ชิ้นงานทดสอบ (มม.)

4. สรุป

ผลการศึกษาการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องจักรให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นกรณีศึกษา มีการพัฒนาระบบเปิด-ปิดประตูและระบบการจับชิ้นงานให้เป็นแบบอัตโนมัติซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างเซลล์การผลิตอัตโนมัติ แล้วจึงทำการเชื่อมต่อสัญญาณให้มีการสื่อสารระหว่างเครื่องจักร จะเห็นได้ว่าเครื่องกัดซีเอ็นซีสามารถรับและส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ภายนอกได้โดยผ่านการใช้คำสั่ง M-function ซึ่งเป็นภาษาในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ I/O Board จากการพัฒนาระบบการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่าหุ่นยนต์อุตสาหกรรมถูกออกแบบให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่นำมาติดตั้งและการเขียนโปรแกรมควบคุม โดยมีฟังก์ชันการรับสัญญาณจากภายนอกและสามารถส่งสัญญาณออกเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงภายนอกได้ด้วยการเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับแผงวงจรรับ-จ่ายสัญญาณของหุ่นยนต์ สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีซึ่งเป็นเครื่องกัดที่มีคำสั่ง M70-M79 เป็นคำสั่งเผื่อให้สามารถเลือกใช้ในการต่อพ่วงกับอุปกรณ์เพิ่มเติมใดๆ โดยสามารถตั้งค่าการรับและจ่ายสัญญาณในซอฟแวร์ให้ตรงกับค่าการนำไปใช้งานด้วยการจ่ายสัญญาณออกทางช่อง P28 และรับสัญญาณ Feedback ทางช่อง P18 ของ I/O Board แสดงให้เห็นว่าระบบเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถทำงานร่วมกันได้และมีความเป็นไปได้ในการเพิ่มศักยภาพการทำงานโดยการพัฒนาขึ้นเป็นเซลล์การผลิตอัตโนมัติซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kutshelis และ Sohn [4] และ Gultekin และคณะ [6] ที่ทำการการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ร่วมกับเครื่องจักรซีเอ็นซี ผลที่ได้จะเป็นพื้นฐานในการขยายผลไปสู่ระบบการผลิตอัตโนมัติแบบยืดหยุ่นที่มีความซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้นในอนาคต อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่าย ในกรณีที่มีเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่แล้วแต่ยังขาดการเชื่อมโยงระหว่างเครื่องจักรทดแทนการลงทุนด้วยระบบอัตโนมัติทั้งระบบที่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูล

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] A. Rosin, T. Lehtla, and J. Laugis, *Mechatronics in initial vocational training*, Tallinn Technical University, 2000.

[2] F. P. Ostwald and J. Muñoz, *Manufacturing Processes and Systems*, 9th edition, United State: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

[3] N. Singh, *Systems Approach to Computer Integrated Design and Manufacturing*, United State: John Wiley & Sons, Inc., 1995.

[4] A. Kutshelis and D. I. Sohn, *Automated Injection Moulding Machine SPK97*, Unna, Germany, 2001.

[5] A. Hellgren, S.A. Andreasson, P. Gullander, M. Fabian, and B. Lennartson, *Database Design for Machining Cell Resource Models*. 8th IFAC/IFORS/IMACS/IFIP Symposium on Large Scale Systems: Theory and Applications, Rio-Patras, Greece, 1998.

[6] H. Gultekina, M. S. Akturk, and O. E. Karasana, "Scheduling in a three-machine robotic flexible manufacturing cell," *Computers & Operations Research*, vol. 34, Issue 8, pp. 2463-2477, 2007.

[7] J. Yan, M.A. El-Baradie, and M.S.J. Hashmi, "The Development of a Robotic Compliance Control System." *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 32, Issue 4, pp.477-486, 1992.