บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การพัฒนาเซลล์การผลิตโดยการทำให้เครื่องกัดซีเอ็นซียี่ห้อ Cincinnati รุ่น Arrow VMC750 กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม Kuka รุ่น KR C6 ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สามารถสั่งงานจากเครื่องใดเครื่องหนึ่งและสามารถทำงานตามโปรแกรมได้อย่างสัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพได้นั้น จำเป็นต้องหาวิธีการและออกแบบอุปกรณ์การต่อพ่วงสัญญาณระหว่างเครื่องจักรทั้งสอง ให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลการทำงานร่วมเป็นเซลล์การผลิตเดียวกัน เนื่องจากวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ระบบพีแอลซีเข้ามาเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องทั้งสอง การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อสร้างคำสั่งในการเชื่อมต่อสัญญาณ การซื้ออุปกรณ์การเชื่อมต่อสัญญาณสำเร็จรูปมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม หรือการเลือกใช้ออปชั่นที่มีอยู่แล้วของเครื่องกัดซีเอ็นซี มาประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อสัญญาณ จะเห็นว่าวิธีการนำออปชั่นที่มีอยู่แล้วของเครื่องกัดซีเอ็นซี มาประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องจักรทั้งสอง ให้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณซึ่งกันและกันได้จะเป็นวิธีการที่ใช้งบประมาณต่ำที่สุดและมีความยุ่งยากน้อยที่สุด อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์จากออปชั่นของเครื่องจักรที่มีอยู่แล้วให้คุ้มค่ามากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการนำออปชั่นที่มีอยู่แล้วของเครื่องกัดซีเอ็นซี มาประยุกต์ใช้งานในการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องจักรทั้งสองให้สามารถเชื่อมต่อสัญญาณซึ่งกันและกันได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์

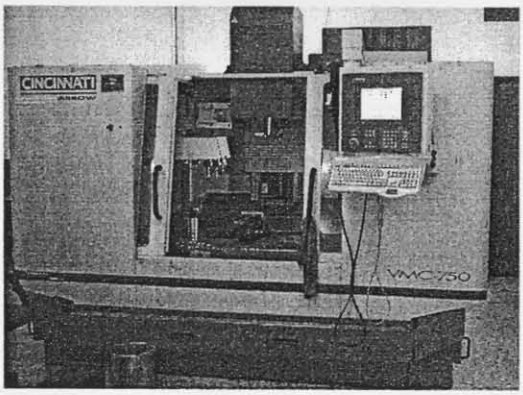
3.1.1 เครื่องกัดซีเอ็นซี Cincinnati รุ่น Arrow VMC750 เป็นเครื่องจักรที่มีแกนการเคลื่อนที่ 3 แกน คือ แกน X , Y และ Z ระยะการเคลื่อนที่ของแกน X 762 มม. แกน Y 510 มม. และแกน Z 510 มม. ขนาดของโต๊ะจับยึดชิ้นงานยาว 950 มม. กว้าง 520 มม. รับน้ำหนักได้ 750 กิโลกรัม ความเร็วรอบของสปินเดิล (Spindle) 60-6,000 รอบต่อนาที ความเร็วฟีด (Feed) สูงสุด 16 เมตรต่อนาที มีระบบการเปลี่ยนเครื่องมือตัดอัตโนมัติแบบร่ม (Tool Drum) บรรจุเครื่องมือตัดได้ 21 ตัว โปรแกรมที่ใช้ควบคุมเครื่องรุ่น Acramatic 2100 (ดูรูปที่ 3.1)

เครื่องกัดซีเอ็นซี Cincinnati รุ่น Arrow VMC750 มีความสามารถในการกัด เจาะ ทำเกลียวบนชิ้นงานได้ทั้งในแนวระนาบ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยการรับคำสั่งจากแป้นพิมพ์ของ

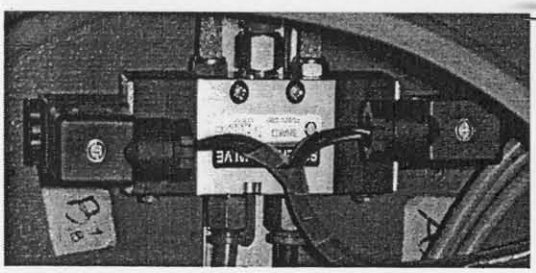
เครื่องหรือจากคอมพิวเตอร์ มีพิกัดความละเอียดในการกัดถึง 0.001 มม. ถือได้ว่าเป็นเครื่องจักรที่มีความละเอียดเที่ยงตรงสูงมาก

3.1.2 โซลีนอยด์วาล์ว 3/2 รับแรงดันได้ตั้งแต่ 0-10 บาร์ ยี่ห้อ Shanko รุ่น PU520-02D สั่งงานด้วยไฟ 24 VDC ขนาดสายลมและฟิตติ้ง 8 มม. ทำหน้าที่เปิด-ปิดลม ไปยังกระบอกลมเพื่อเปิดและปิดประตูเครื่องกัดซีเอ็นซี เมื่อมีการสั่งงานจากคอนโทรลเลอร์ (ดูรูปที่ 3.2)

3.1.3 Pressure Regulator ทำหน้าที่ปรับแรงดันลมได้ 0-10 บาร์ มีหน้าปัดแบบเข็มขนาด 2½ นิ้ว (63.5 มม.) และกรองดักน้ำ (ดูรูปที่ 3.3)



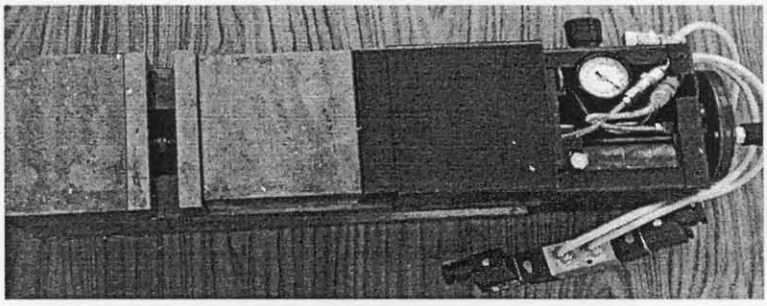
รูปที่ 3.1 เครื่องซีเอ็นซี Cincinnati Arrow VMC750



รูปที่ 3.2 ชุดโซลีนอยด์วาล์ว

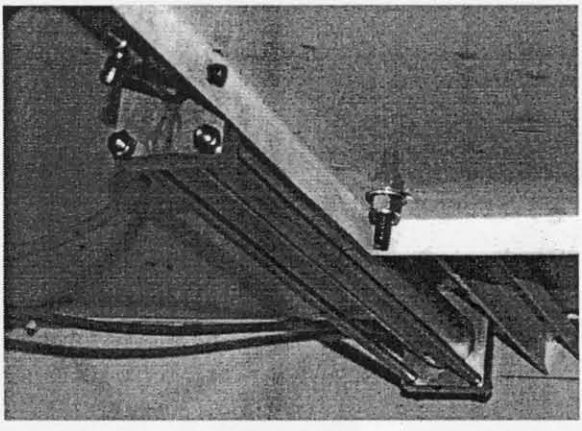
รูปที่ 3.3 Pressure Regulator

3.1.4 ปากกาจับชิ้นงานระบบนิวเมติกส์ ปรับแรงดันลมได้ตั้งแต่ 0-10 บาร์ ระยะของปากจับเลื่อนได้สูงสุด 6 นิ้ว (152.4 มม.) น้ำหนัก 30 กิโลกรัม (ดูรูปที่ 3.4)



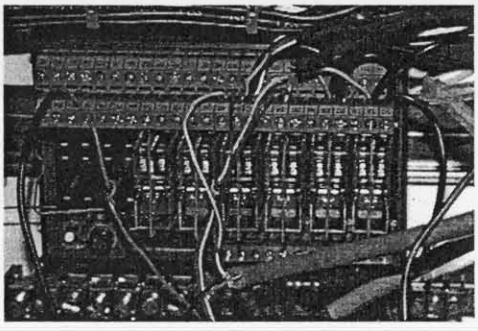
รูปที่ 3.4 ปากการะบบนิวเมติกส์

3.1.5 กระบอกลม ขนาดลูกสูบและกระบอกสูง 1½ นิ้ว (38.1 มม.) ทำด้วยอลูมิเนียม ระยะชักรวม 500 มม. แกนดึงสเตนเลสขนาด 3/8 นิ้ว (9.525 มม.) ทำหน้าที่เปิด-ปิดประตูเครื่องกัดซีเอ็นซี (ดูรูปที่ 3.5)



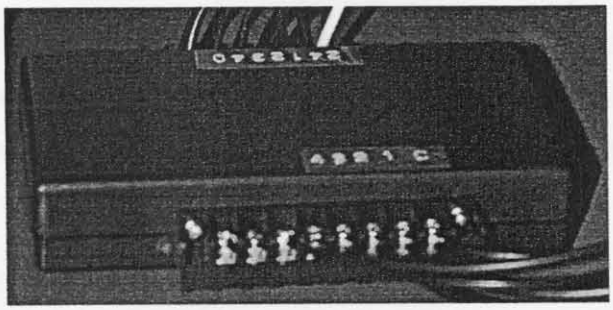
รูปที่ 3.5 กระบอกลม

3.1.6 รีเลย์สวิทช์ ขนาด 24 VDC มีขาเสียบ 8 ชุด ทำหน้าที่เสมือนสวิตช์ตัดต่อวงจร (ดูรูปที่ 3.6)



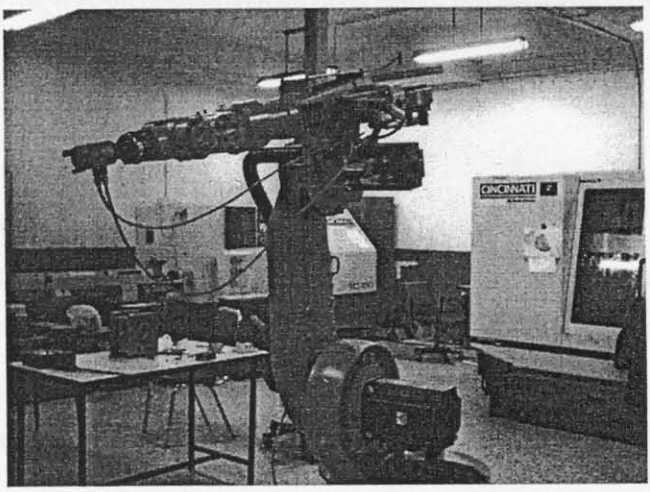
รูปที่ 3.6 ชุดรีเลย์

3.1.7 วงจรออปโต้ไอโซเลท (Opto-Isolate) เป็นวงจรแปลงไฟฟ้าแรงดัน 110 VAC เป็น 24 VDC เนื่องจากแรงดันทางด้านเอาท์พุต (Output) ที่ออกจาก I/O Board เป็นไฟฟ้าแรงดัน 110 VAC แต่อุปกรณ์ที่นำมาต่อพ่วงรับแรงดัน 24 VDC (ดูรูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 ชุดวงจรออปโต้ไอโซเลท

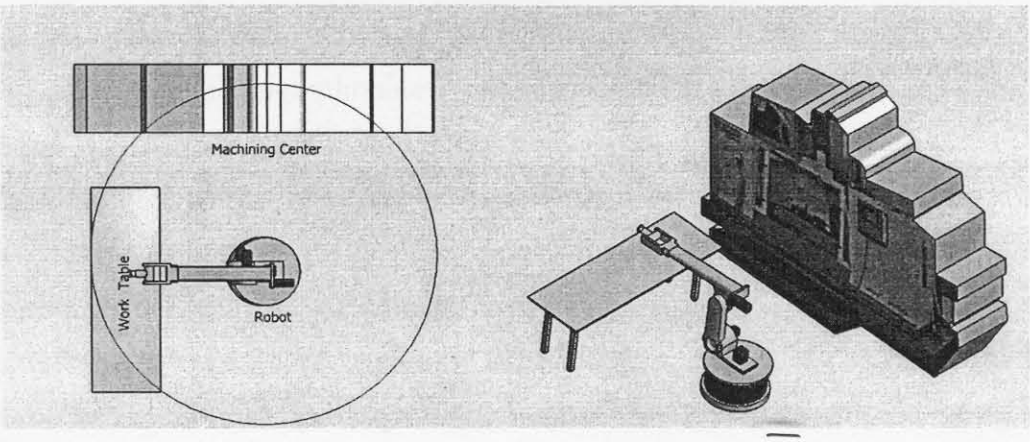
3.1.8 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม Kuka รุ่น KR C6 เป็นหุ่นยนต์แบบ Articulated robot ชนิด 6 แกนการเคลื่อนที่ สามารถยกน้ำหนักลำเลียง (Payload) ได้สูงสุด 6 กิโลกรัม ยกน้ำหนักลำเลียงควบคุมการเคลื่อนที่ (Supplementary load with rated payload) 10 กิโลกรัม และน้ำหนักกระจายสูงสุด (Distributed load) ได้ 16 กิโลกรัม น้ำหนักของหุ่นยนต์ประมาณ 205 กิโลกรัม ระบบควบคุมการขับเคลื่อนแกนแบบ Electromechanical (ดูรูปที่ 3.8) สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายแบบ เช่น งานเชื่อม งานเจาะ งานประกอบชิ้นส่วน งานพ่นสี งานขนถ่ายวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 3.8 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR C6

3.2 การออกแบบเซลล์การผลิตอัตโนมัติ

จากระบบการผลิตที่มีการทำงานของเครื่องจักร 2 เครื่อง คือ เครื่องกัดซีเอ็นซียี่ห้อ Cincinnati รุ่น Arrow VMC 750 และหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยี่ห้อ Kuka รุ่น KR C6 สามารถนำมาออกแบบระบบเซลล์การผลิตอัตโนมัติเป็นแบบเซลล์วงกลม เนื่องจากหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีทิศทางการหมุนตามระยะรัศมีของแขน (ดูรูปที่ 3.9) โดยกำหนดตำแหน่งที่ตั้งของชิ้นงานบนโต๊ะเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรู้ตำแหน่งที่แน่นอน และจับชิ้นงานป้อนเข้าและถอดชิ้นงานที่กัดเสร็จมาวางไว้บนโต๊ะได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 3.9 ภาพจำลองเซลล์การผลิตอัตโนมัติระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

3.3 วิธีการทดลอง

ในการหาวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณการทำงานระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซี CINCINNATI กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม Kuka จะต้องทำการศึกษาการทำงานของทั้งสองเครื่องอย่างละเอียดตั้งแต่การใช้งานตลอดจนโครงสร้างทั้งทางกลและไฟฟ้า เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเพราะหากเกิดข้อผิดพลาดกับอุปกรณ์ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งสอง อาจทำให้เครื่องเสียหาย และเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมสูงก็เป็นได้ นอกจากต้องทำการศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองแล้ว ยังต้องศึกษาเรื่องของอุปกรณ์ที่นำมาต่อพ่วงในการเชื่อมต่อสัญญาณ (Interface) ที่เหมาะสม โดยวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องจักรที่พบโดยทั่วไปคือ การเชื่อมต่อสัญญาณด้วยโปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller, PLC) ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งและหน่วยป้อนข้อมูล เครื่องจักรที่

ควบคุมด้วย PLC จะมีความสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องจักร และมีความยืดหยุ่นในการเขียนโปรแกรม เช่น การเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมก็สามารถกระทำได้ ซึ่งรวมถึงมีไทเมอร์ (Timer) เคาน์เตอร์ (Counter) หรือคำสั่งพิเศษต่าง ๆ เช่น MOV Data และอื่น ๆ อีกมากมายเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอก ไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ โซลีนอยด์(Solenoid) หลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการติดต่อสื่อสารระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันหรืออาจจะติดต่อกับจอชนิดสัมผัส (Touch Screen) เพื่ออำนวยความสะดวกต่อสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต ยิ่งไปกว่านั้นการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม PLC อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ขีดความสามารถในการควบคุมสูงขึ้นอีก

นอกจากการใช้ระบบ PLC แล้ว ในการเชื่อมต่อสัญญาณแล้วยังสามารถใช้ทางเลือกเสริม (Option) ที่ให้มากับเครื่องจักร CNC อยู่แล้วมาทำให้สัญญาณเอาท์พุต (Output signal) ที่ออกมาจากเครื่องจักร CNC ไปควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอกได้ ซึ่งจากการศึกษาการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี CINCINNATI พบว่าฟังก์ชั่นที่ใช้ในการจ่ายสัญญาณเอาท์พุต (Output signal) ที่เปิดให้ใช้ คือ ฟังก์ชั่น M70-M79 โดยฟังก์ชั่นดังกล่าวเป็นออปชั่นพิเศษ (Option) ที่ผู้ผลิตเครื่องจักรปิดพารามิเตอร์ (Parameter) เอาไว้ หากต้องการใช้งานจะต้องเข้าไปเปิดพารามิเตอร์ให้ตรงกับค่าเอาท์พุตที่ใช้งานเสียก่อน จะเห็นได้ว่าหากสามารถใช้วิธีที่สองในการต่อเชื่อมสัญญาณได้สำเร็จ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว ให้สามารถทำงานได้เต็มความสามารถ เป็นการลงทุนที่ไม่สูงเนื่องจากเป็นออปชั่นพิเศษของเครื่องจักรอยู่แล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเลือกการเชื่อมต่อสัญญาณโดยใช้ออปชั่นพิเศษของเครื่องกัดซีเอ็นซี CINCINNATI

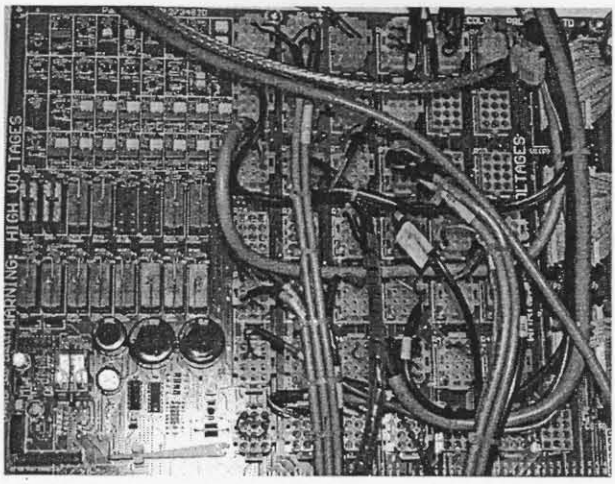
เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีการเชื่อมต่อสัญญาณเครื่องจักร 2 เครื่องให้สามารถทำงานร่วมกัน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อให้เซลล์การผลิตที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ส่วนที่ต้องปรับปรุง ได้แก่

1. เปลี่ยนระบบการเปิด-ปิด ประตูของเครื่องกัดเอนกประสงค์ให้เป็นแบบอัตโนมัติ
2. เปลี่ยนระบบจับยึดชิ้นงานของเครื่องกัดเอนกประสงค์ให้เป็นระบบนิวเมติกส์
3. ทำระบบป้อนชิ้นงานด้วยการสั่งงานจากหุ่นยนต์

ดังนั้นในการปรับปรุงระบบดังกล่าวให้สอดคล้องกับฟังก์ชั่นของเครื่องซีเอ็นซี CINCINNATI จึงได้กำหนดฟังก์ชั่นคำสั่ง ดังนี้

- คำสั่ง M70 เป็นคำสั่งสำหรับเปิดประตู
- คำสั่ง M71 เป็นคำสั่งสำหรับปิดประตู
- คำสั่ง M72 เป็นคำสั่งสำหรับสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน
- คำสั่ง M73 เป็นคำสั่งสำหรับเปิดปากกาจับชิ้นงาน
- คำสั่ง M73.1 เป็นคำสั่งสำหรับปิดปากกาจับชิ้นงาน

เมื่อทำการกำหนดหน้าที่การทำงานของคำสั่งแต่ละคำสั่งแล้ว จะต้องทำการศึกษารูปแบบการสั่งงานสัญญาณของคำสั่งต่าง ๆ ว่าสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากการป้อนคำสั่ง M – Function มีสัญญาณออกที่ตำแหน่งใดบน I/O Board และต้องการสัญญาณอินพุตหรือสัญญาณตอบรับ (Feed-back) ในตำแหน่งใดของ I/O Board (ดูรูปที่ 3.10) โดยเริ่มต้นจากการศึกษาวงจรไฟฟ้าในคู่มือของเครื่องกัดเอนกประสงค์



รูปที่ 3.10 แผง I/O board

3.2.1 ลำดับขั้นการทำงาน (Work Sequence)

ก่อนทำการเลือกอุปกรณ์และออกแบบวงจรการเชื่อมต่อสัญญาณจะต้องทราบถึงลำดับขั้นการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองเสียก่อน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การทำให้เครื่องจักรทั้งสองสามารถเชื่อมต่อสัญญาณและสามารถทำงานร่วมกันได้ หรือสามารถสื่อสารกันอย่างเข้าใจ เนื่องจากในขณะนี้เครื่องจักรทั้งสองมีการทำงานแยกเป็นอิสระต่อกันโดยสิ้นเชิง ดังนั้นลำดับขั้นการทำงานของการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซี CINCINNATI กับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม Kuka คือ การกำหนดให้เครื่องกัดและหุ่นยนต์อยู่ในภาวะเตรียมพร้อมที่จะทำงานโดยการเขียนโปรแกรมการทำงานรอไว้ในแต่ละเครื่อง รูปที่ 3.11 เป็นไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทำงานระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เครื่องกัดสั่งให้หุ่นยนต์จับชิ้นงาน
ขั้นที่ 2 หุ่นยนต์ทำการจับชิ้นงาน
ขั้นที่ 3 หุ่นยนต์สั่งให้เครื่องกัดเปิดประตู
ขั้นที่ 4 เครื่องกัดสั่งให้ปากกาจับชิ้นงานเปิด
ขั้นที่ 5 หุ่นยนต์นำชิ้นงานใส่ในปากกาจับงาน

ขั้นที่ 6 ปากกาทำการบีบจับชิ้นงาน

ขั้นที่ 7 หุ่นยนต์ปล่อยชิ้นงานและเคลื่อนแขนออกจากเครื่องกัด

ขั้นที่ 8 เครื่องกัดปิดประตู

ขั้นที่ 9 เครื่องกัดทำการกัดชิ้นงานตามโปรแกรมจนเสร็จ

ขั้นที่ 10 เครื่องกัดหยุดการทำงานและสั่งให้ประตูเปิด

ขั้นที่ 11 เครื่องกัดสั่งให้หุ่นยนต์จับชิ้นงานออก

ขั้นที่ 12 หุ่นยนต์เคลื่อนแขนไปจับชิ้นงานในเครื่องกัด

ขั้นที่ 13 ปากกาจับชิ้นงานเปิด

ขั้นที่ 14 หุ่นยนต์นำชิ้นงานไปเก็บและหยิบชิ้นใหม่เข้ามา

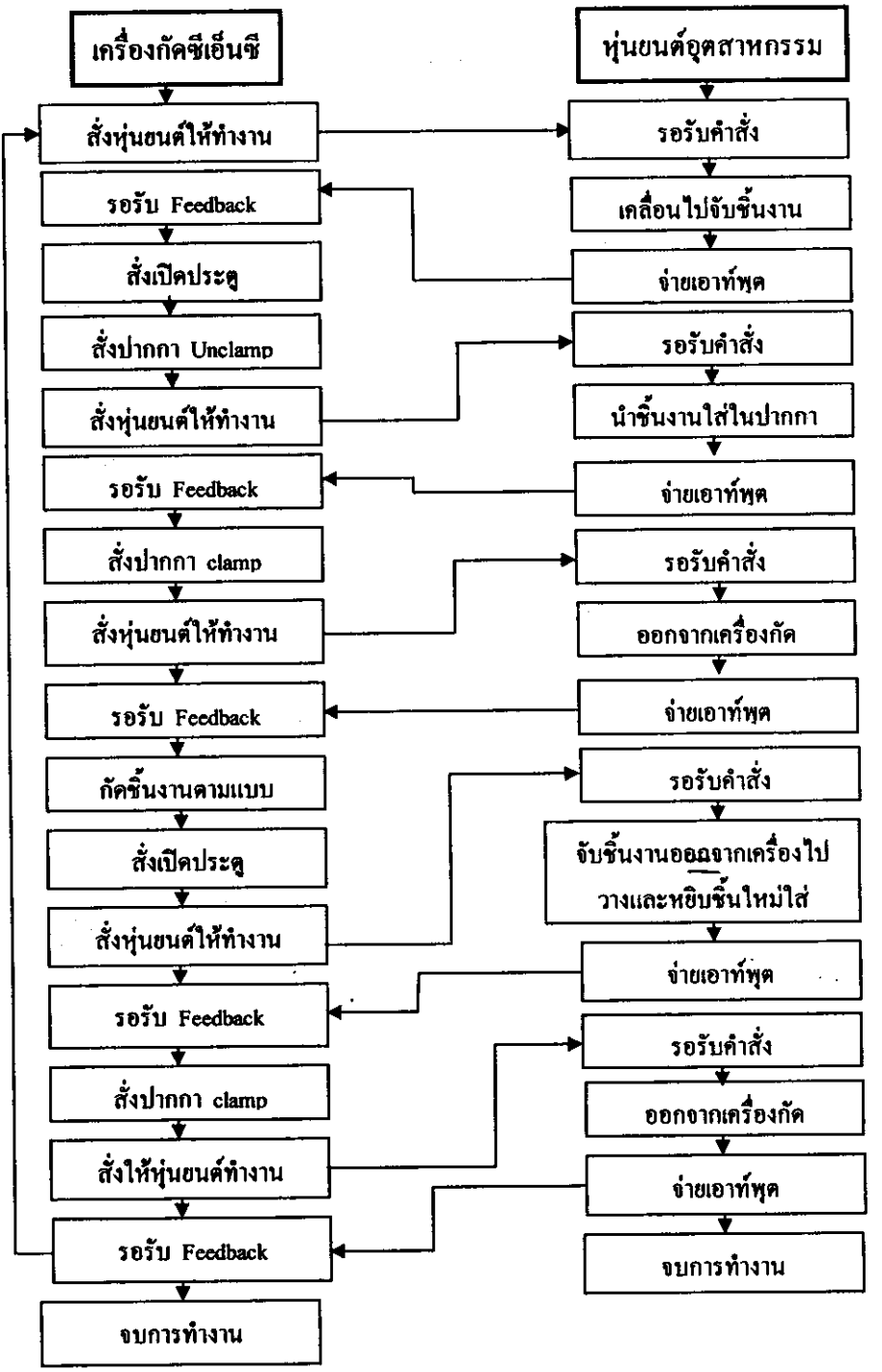
ขั้นที่ 15 กระบวนการทำซ้ำตั้งแต่ขั้นที่ 6 จนถึงขั้นที่ 14 จนกว่าจะจบคำสั่ง

จากลำดับขั้นการทำงานทำให้สามารถเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับที่จะนำมาต่อพ่วงให้เครื่องจักรทั้งสองทำงานตามลำดับขั้นได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด และสามารถออกแบบรูปแบบการต่อพ่วงอุปกรณ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.12

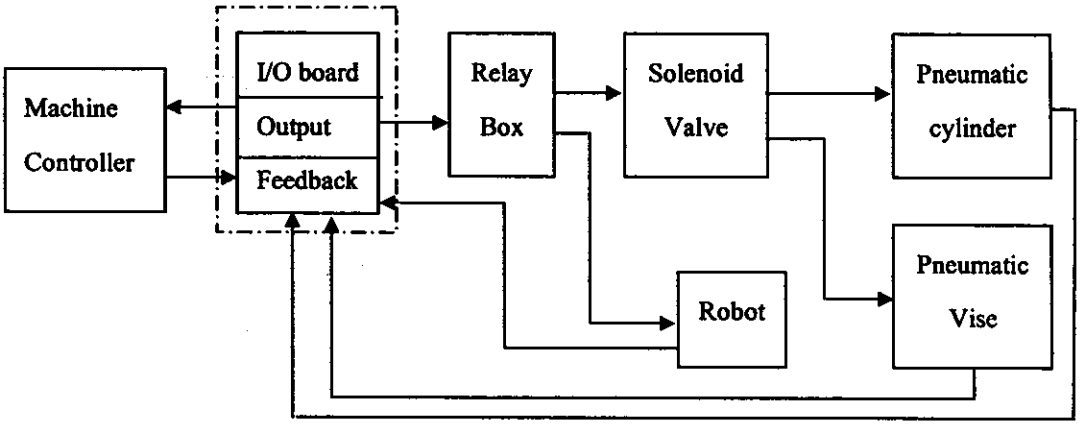
3.2.2 วงจรการเชื่อมต่อสัญญาณเครื่องกัดซีเอ็นซี Cincinnati Arrow VMC750 และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม Kuka KR C6

การเชื่อมต่อสัญญาณของเครื่องกัดซีเอ็นซีจะต้องอาศัยวงจรไฟฟ้าของเครื่อง เพื่อหาตำแหน่งของช่องสัญญาณเอาท์พุต (Output) ที่ออกจาก I/O Board และสัญญาณอินพุต (Input) ที่เข้า I/O Board เมื่อมีการสั่งงานด้วย M – Function จะทำการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าเพื่อที่จะนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ไปหาอุปกรณ์ต่อพ่วงเชื่อมต่อสัญญาณจาก I/O Board ไปยังอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ อื่นๆ ตามแผนผังลำดับขั้นการทำงานการควบคุมอุปกรณ์ (ดูรูปที่ 3.13, 3.14 และ 3.15) รูปที่ 3.13 แสดงการต่อสายสัญญาณบน I/O Board เมื่อได้รับคำสั่ง M70 – M79 โดยจะมีสัญญาณแสดงเมื่อคำสั่งทำงาน เช่น เมื่อสั่ง M70 ไฟ CR53 บน I/O Board จะสว่างและดับเมื่อคำสั่งถูกยกเลิก เป็นต้น รูปที่ 3.14 แสดงการต่อสายสัญญาณและสถานะการทำงานของรีเลย์ทางด้านเอาท์พุท เมื่อได้รับคำสั่ง M70-M79 เช่น เมื่อคำสั่ง M70 ทำงาน จะมีแรงดันไฟฟ้าออกทางช่องสัญญาณ R28 ขาสัญญาณที่ 9 เป็นต้น รูปที่ 3.15 แสดงถึงการต่อสายสัญญาณตอบกลับ (Feedback) ของคำสั่ง M70-M79 โดยสัญญาณตอบกลับของคำสั่งจะถูกต่อเข้าทางช่องสัญญาณ R18 เช่น เมื่อใช้คำสั่ง M70 สัญญาณตอบกลับจะถูกต่อเข้าทางขาที่ 1 ของช่องรับสัญญาณ R18 เป็นต้น ทำให้ระบบควบคุมสามารถตรวจสอบได้ว่า คำสั่ง M70 กำลังทำงานอยู่

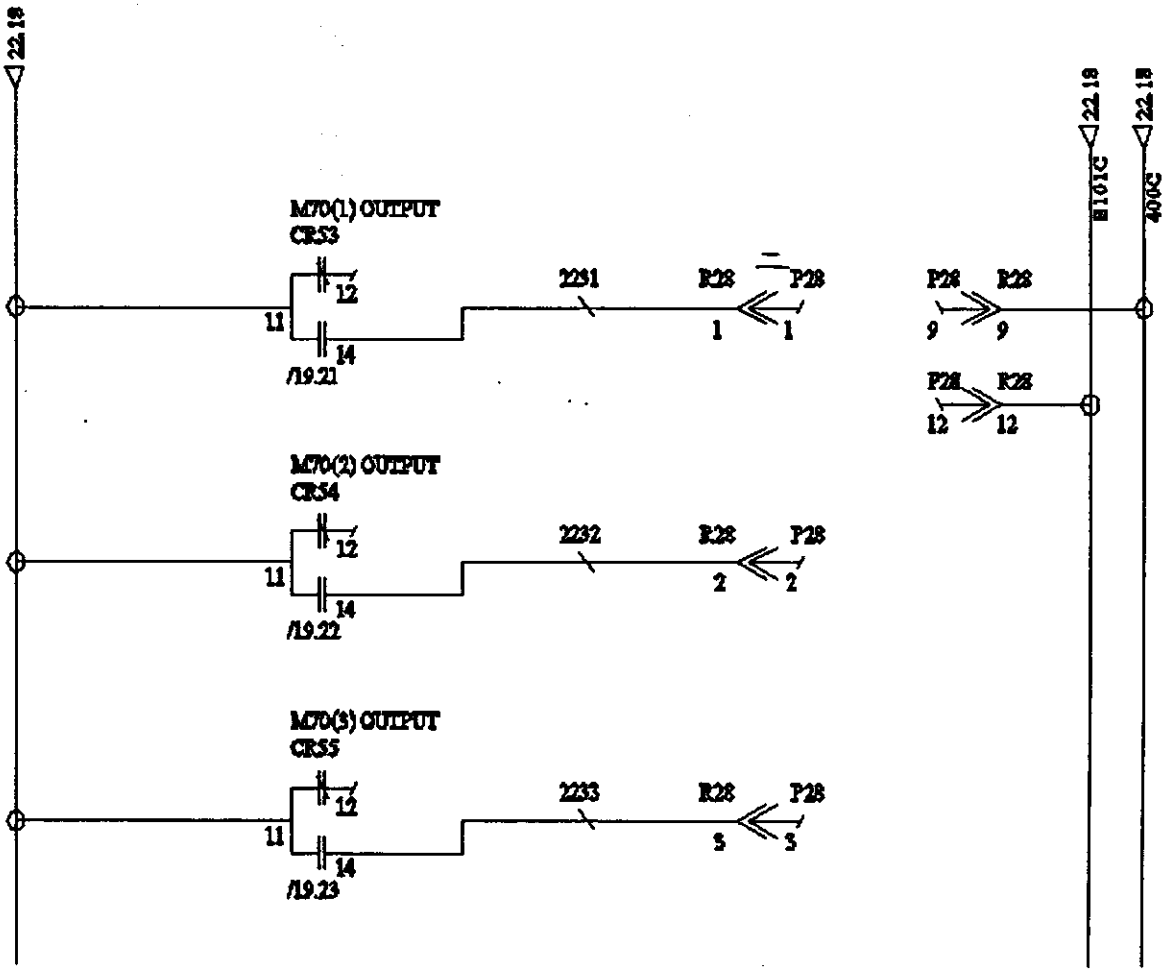
หลังจากได้ทำการออกแบบวงจรการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง เครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการวัดค่าการจ่ายแรงดันเอาท์พุตและการรับค่าแรงดันอินพุต เมื่อได้รับการกระตุ้นการทำงานจากการใช้คำสั่ง M-Function โดยจะแสดงผลและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยละเอียดในบทถัดไป



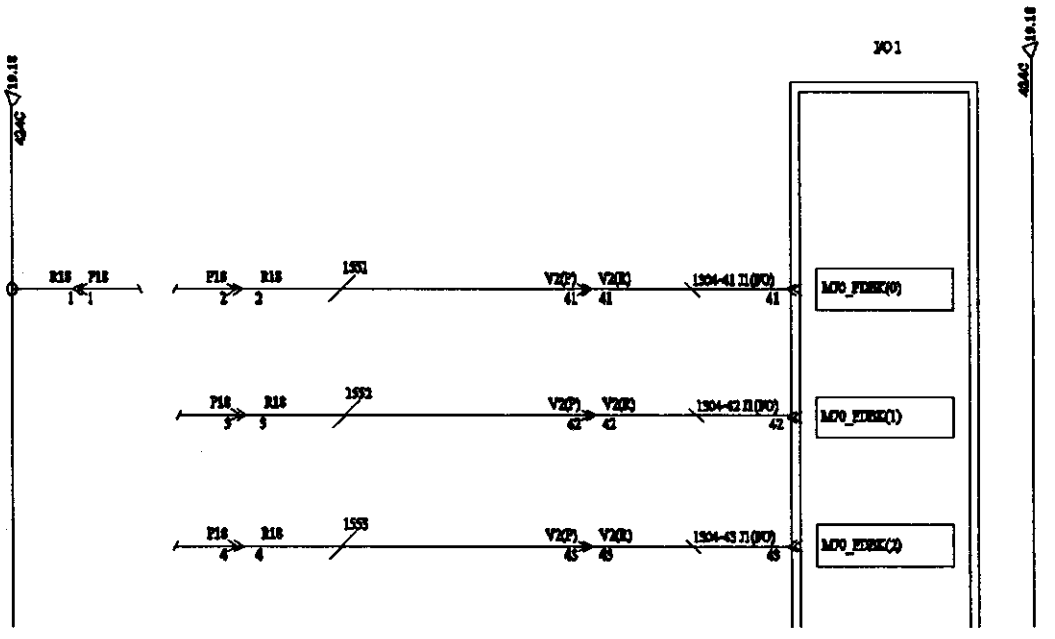
รูปที่ 3.11 ไดอะแกรมแสดงการทำงานระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม



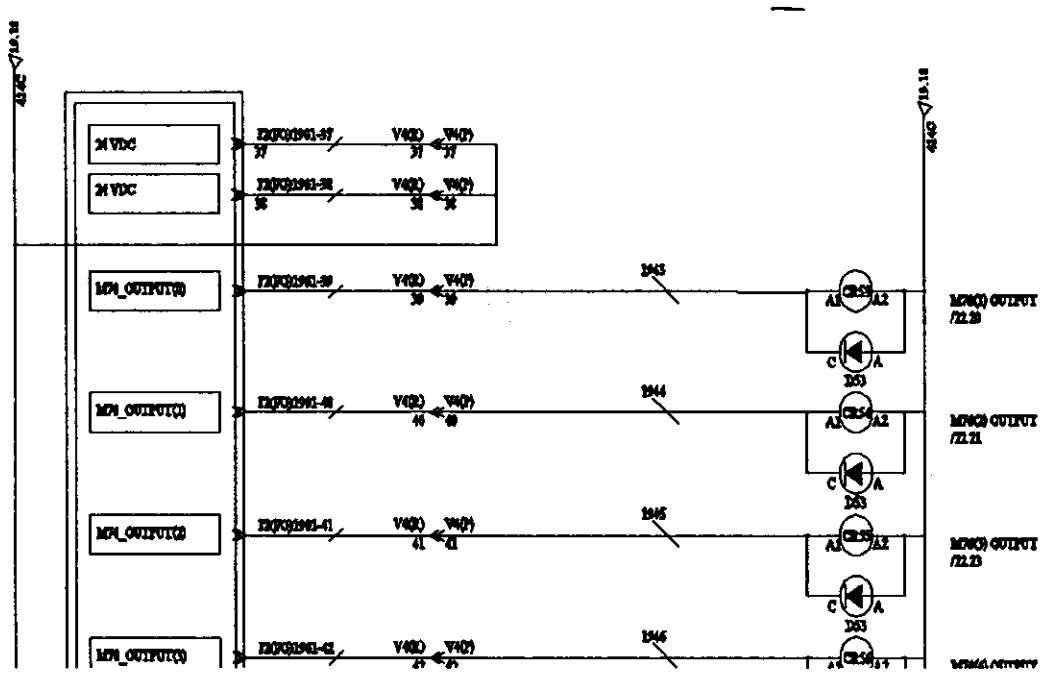
รูปที่ 3.12 แผนผังการต่ออุปกรณ์และการเชื่อมต่อสัญญาณ



รูปที่ 3.13 แสดงการต่อสายสัญญาณบน I/O Board เมื่อได้รับคำสั่ง M70 – M79



รูปที่ 3.14 แสดงการต่อสายสัญญาณและสถานะการทำงานของรีเลย์ทางด้านเอาท์พุท เมื่อได้รับคำสั่ง M70-M79



รูปที่ 3.15 แสดงการต่อสายสัญญาณตอบกลับ (Feedback) ของคำสั่ง M70-M79