บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การทำโครงงานในครั้งนี้ จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสื่อในการสาธิตการเรียนการสอน ซึ่งผู้จัดทำได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงาน การออกแบบและสร้างโดยแบ่งเป็นขั้นตอนคือ

3.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน

3.2 ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

3.3 นำเสนอหัวข้อโครงงาน

3.4 ระบบเครื่องกล

3.4.1 ศึกษา ออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.4.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.5 ระบบไฟฟ้า

3.5.1 ศึกษาและออกแบบระบบไฟฟ้า

3.5.2 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าลง Control Box และทดสอบการทำงาน

3.6 ระบบการควบคุมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.6.1 ออกแบบและเขียนโปรแกรมการควบคุมโดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC)

3.6.2 เชื่อมต่อการสื่อสารแบบ Modbus TCP/IP และแบบ CANOpen

3.6.3 ออกแบบและสร้างหน้าจอแสดงผลผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio

3.7 ทดสอบระบบการทำงานทั้งระบบ

3.8 การประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.9 จัดทำคู่มือการใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.10 จัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.11 ประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.12 จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์

3.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน



ภาพที่ 3-1 แผนภูมิขั้นตอนการทำโครงงาน



ภาพที่ 3-1 แผนภูมิขั้นตอนการทำโครงงาน (ต่อ)

จากภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการทำโครงงานทั้งหมด เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับโครงงานทุกอย่าง เริ่มตั้งแต่พื้นที่การทำงานของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน วัสดุ ที่ ให้ในการสร้างชุดสาธิต การเลือกใช้ชุดต้นกำลังและชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ และระบบการควบคุม การทำงานของชุดสาธิต เมื่อศึกษารวบรวมข้อมูลเรียบร้อย จากนั้นสรุปเนื้อหาข้อมูล เพื่อจัดทำการ น้ำเสนอหัวข้อโครงงานให้แก่คณะกรรมการการสอบหัวข้อโครงงาน เมื่อคณะกรรมการอนมัติให้ สร้างโครงงานนี้ได้ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เริ่มจากการกำหนดพื้นที่การทำงานของชุดสาธิตและใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบช่วยคำนวณหา ค่าแรงบิด (Torque) ของชุดต้นกำลังแต่ละตัว เมื่อทราบค่าแรงบิดที่เวลาทำงานแล้ว จากนั้นทำ การเลือกขนาดของชดต้นกำลังที่ต้องการ เมื่อได้ขนาดของต้นกำลังตามที่ต้องการแล้ว ทำการ ออกแบบแขนของชุดสาธิตและสร้างชุดสาธิต เมื่อโครงสร้างทางกลของชุดสาธิตสำเร็จอย่างที่ วางแผนไว้แล้ว จากนั้นจะเริ่มการออกแบบระบบไฟฟ้าและออกแบบระบบควบคุมต่อไป ົຈະບບ ควบคุมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ใช้พีแอลซีเป็นตัวประมวลผลการทำงาน โดยสั่งงานหรือ ข้อมูลต่างๆและแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลที่ได้ทำการสร้างขึ้น เมื่อติดตั้งและทดลองระบบ ้ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ทางผู้จัดทำได้ทำการประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตโดยทำการเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ ้อุตสาหกรรมประเภทอื่นๆและทำการจัดทำเอกสารต่างๆ เช่น คู่มือการใช้งาน รูปเล่มปริญญานิพนธ์ เป็นต้น พร้อมประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตเพื่อที่จะนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ในวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robotics) รหัสวิชา 213360 3(2-1-0)

การศึกษาและรวบรวมทฤษฏีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานปริญญานิพนธ์ แสดงขั้นตอนงานศึกษาดัง ภาพที่ 3-2 เริ่มต้นจากการกำหนดทฤษฏีที่จะศึกษา ทำการเก็บรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับ การ ออกแบบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ระบบไฟฟ้า ระบบควบคุมชุดสาธิตและ การ เชื่อมต่อสื่อสารข้อมูล ข้อมูลที่ทำการศึกษาทั้งหมดนี้จะต้องผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ ที่ ปรึกษาโครงงานเสียก่อนจึงจะทำการจัดทำเป็นเอกสารได้ หากไม่ผ่านการเห็นชอบจากอาจารย์ ที่ ปรึกษาทางผู้จัดทำจะต้องศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาเพิ่มเติม และนำมาให้อาจารย์ ที่ ปรึกษาตรวจอีกครั้งจนกว่าจะผ่านความเห็นชอบ

จากนั้นนำเสนอหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์ให้แก่คณะกรรมการ ดังขั้นตอนตามแผนภูมิใน ภาพที่ 3-3 โดยทางผู้จัดทำ ได้กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน โดยอ้างถึงทฤษฎีที่ได้ศึกษามาพร้อมทั้งวาง แผนการดำเนินงาน คาดคะเนค่าใช้จ่ายให้และบอกถึงประโยชน์แก่คณะกรรมการให้ได้พิจารณา เมื่อ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อโครงงานแล้วเห็นชอบให้หัวข้อโครงงานครั้งนี้ผ่าน ผู้จัดทำจะ ดำเนินการทำโครงงานในครั้งนี้และจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ แต่หากพิจารณาแล้วไม่ผ่านผู้จัดทำ จะต้องแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการและเสนอหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์อีกครั้ง

3.2 ศึกษาและรวบรวมทฤษฏีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานปริญญานิพนธ์





3.3 นำเสนอทัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์



ภาพที่ 3-3 แผนภูมิการนำเสนอหัวข้อโครงงานปริญญานิพนธ์

3.4 ระบบเครื่องกล

แนวคิดในการสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน พิจารณาจาก

- น้ำหนักของแขน เปรียบเทียบกับขนาดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo Motor)
- 2. ความแข็งแรงทนทาน
- 3. ราคาและงบประมาณในการสร้าง

โครงสร้างชุดสาธิต

ควรเลือกวัตถุดิบ ที่มี
น้ำหนักเบา และรับ
แรงได้มากและราคา
ไม่สูงมากสำหรับทำ
ชิ้นส่วนของชุดสาธิต
เช่น อลูมิเนียม
(Aluminum) และ
ท่อคาร์บอนไฟเบอร์
(Fiber Carbon)



การออกแบบทางกล

พิกัดงานสวมถือว่าสำคัญสำหรับหุ่นยนต์ โดย ชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เลือกใช้งาน สวมพอดีและสวมอัดเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากลด การสั่นคลอนที่จะทำให้ดำแหน่งผิดเพี้ยนเมื่อใช้ งาน พื้นที่การทำงาน จะขึ้นอยู่กับความ ยาวของแขนบนและแขนล่าง ซึ่ง สามารถคำนวณได้จาก สมการ จลนศาสตร์ (Kinematics) ของ หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-4 แผนผังแนวคิดในการสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.4.1 ศึกษา ออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.4.1.1 ศึกษาข้อมูลและการคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยใช้วิธีทางภาพ (Graphical Kinematics)



ภาพที่ 3-5 การหาขนาดความยาวของแขน โดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ

จากภาพที่ 3-5 ซึ่งมองในระนาบ YZ ของแขนชุดสาธิตหุ่นยนด์เดลต้า 3 แกน เพียง 1 แขนจากทั้งหมด 3 แขนกำหนดพื้นที่การทำงานมีความยาวเท่ากับ 360 มิลลิเมตร, ระยะทำงานลึกสุด 180 มิลลิเมตร, ระยะความยาวของแขนบน เท่ากับ 200 มิลลิเมตร, ระยะ ความยาวของแขนล่าง เท่ากับ 400 มิลลิเมตร และระยะความยาวครึ่งหนึ่งของแผ่นเคลื่อนที่ เท่ากับ 36 มิลลิเมตร

3.4.1.2 ออกแบบโครงสร้างของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบ (Computer Aided Design : CAD)



ภาพที่ 3-6 การออกแบบแผ่นฐานบน โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ

จากภาพที่ 3-6 การออกแบบแผ่นฐานบน โดยโปรแกรมช่วยใน การ ออกแบบซึ่งแขนบนที่ทำการออกแบบนั้นมีความยาวด้านข้างละ 432.68 มิลลิเมตร แสดงดังภาพ ที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 ความยาวด้านข้างของฐานบน



ภาพที่ 3-8 การออกแบบแขนบน โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ



ภาพที่ 3-9 ความยาวของแขนบน

แขนบนซึ่งออกแบบโดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ ได้ออกแบบให้มี ขนาดความยาวแขนเท่ากับ 200 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3-10 การออกแบบแขนล่าง โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ



ภาพที่ 3-11 ความยาวของแขนล่าง

จากภาพที่ 3-10 และ 3-11 แสดงการออกแบบแขนล่าง โดยใช้โปรแกรม ช่วยในการออกแบบซึ่งมีความยาวในการออกแบบคือ 400 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3-12 การออกแบบแผ่นเคลื่อนที่ โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ



ภาพที่ 3-13 ความยาวด้านข้างของแผ่นเคลื่อนที่

จากภาพที่ 3-13 แสดงขนาดของความยาวด้านของแผ่นเคลื่อนที่แต่ละด้าน

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 124.71 มิลลิเมตร

3.4.1.3 การคำนวณหาขนาดและเลือกมอเตอร์

การที่จะหาขนาดของมอเตอร์ได้ จะต้องหาค่าแรงบิดสูงสุดของการใช้งาน ทางผู้จัดทำจึงได้ให้โปรแกรมช่วยในการออกแบบช่วยคำนวณหาขนาดของแรงบิด โดยการสร้างชุด สาธิตและจำลองการเคลื่อนที่ของแต่ละแขน



ภาพที่ 3-14 การจำลองหาแรงบิด เพื่อหาขนาดของมอเตอร์

จากภาพที่ 3-14 เป็นการจองลองเพื่อหาแรงบิดที่ใช้งานสูงสุด เพื่อนำไป เลือกมอเตอร์ จากการจำลอง กำหนดให้องศาของแขนที่เคลื่อนที่ขึ้นบนมีค่าเป็นลบ (-) และองศา ของแขนที่เคลื่อนที่ลงล่างเป็นบวก (+) ให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา จากมุม 60 องศาถึงมุม -45 องศา ด้วยระยะเวลา 0.485 วินาที (s) หรือหมุนด้วยความเร็ว 36 รอบต่อนาที (rpm) โดยมี น้ำหนักโดยรวมของขึ้นส่วนของแขนบน แขนล่างและภาระ (Load) 100 กรัม (g) เป็น 272.19 กรัม

พบว่าแรงบิดที่ใช้งานสูงสุดคือ 631 นิวตันมิลลิเมตร (N·mm) หรือ 0.631 นิวตันเมตร (N·m) เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ผู้จัดทำจึงได้กำหนดค่าความปลอดภัย (Safety Factor) เป็น 2 เท่า ดังนั้นมอเตอร์ที่จะเลือกมาใช้งานควรมีค่าแรงบิดใช้งานมากกว่า 0.631 x 2 = 1.262 นิวตันเมตร ผู้จัดทำจึงได้เลือกมอเตอร์ BMH0701T12A1A ของ บริษัท Schneider Electric ดังภาพที่ 3-15



ภาพที่ 3-15 มอเตอร์ที่เลือกใช้งาน

มอเตอร์ที่เลือกใช้ เป็นเอซีเซอร์โวมอเตอร์ขนาด 0.68 กิโลวัตต์ (kW) มี

แรงบิดที่เวลาทำงานคือ 1.40 นิวตันเมตร แรงบิดสูงสุด 4.20 นิวตันเมตร เอซีเซอร์โวมอเตอร์ ตัวนี้มีเอนโค้ดเดอร์มาพร้อมกับเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเอนโค้ดเดอร์นี้เป็นเอนโค้ดเดอร์แบบสัมบูรณ์ (Absolute Encoder) ถ้าเกิดมีข้อผิดพลาดในการทำงานระบบไฟฟ้าดับ เอนโค้ดเดอร์ตัวนี้ก็ยัง สามารถจำค่าเดิมได้เสมอ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ตัวนี้ยังมีชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Drive Servo Amplifier) ดังภาพที่ 3-16 ที่มีโหมดการควบคุมหลายอย่าง เช่น การควบคุมตำแหน่ง การควบคุมกระแส การควบคุมความเร็ว การควบคุมแรงบิด เป็นต้น



ภาพที่ 3-16 ชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 3-17 หน้าแปลนยึดเอซีเซอร์โวมอเตอร์

3.4.1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน สำหรับทำการทดสอบการรับแรงของวัสดุ จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วย ในงานวิศวกรรม (Computer Aided Engineering : CAE) เป็นชอฟต์แวร์ (Software) ใน การทดสอบ



ภาพที่ 3-18 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคาร์บอนไฟเบอร์

จากภาพที่ 3-18 ได้ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุ โดยการใช้โดย ์ โปรแกรมช่วยในงานวิศวกรรม ซึ่งวัสดุเป็นท่อคาร์บอนไฟเบอร์ จากนั้นทำการกำหนดจุดยึดของ ้ชิ้นงาน เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ (ลูกศรสีเขียว) แล้วทำการใส่แรงกระทำตรงส่วนปลาย (ลูกศร สีม่วง) ขนาดของแรงอยู่ที่ 630 นิวตัน (N) หรือ 64.22 กิโลกรัม (kg) และกำหนด ค่าแรง ์ โน้มถ่วงของโลก (ลกศรสีแดง) เท่ากับ -9.81 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง (m/s²) จากนั้นให้ โปรแกรมช่วยในงานวิศวกรรมทำการคำนวณหาค่าความแข็งแรง จากภาพที่ 3-18 จะเห็นว่าเมื่อ ได้รับแรงกด 630 นิวตัน จะทำให้ชิ้นงานมีการเปลี่ยนรูป มีการงอตัวและโปรแกรมจะแสดงค่า ความเค้นคราก (Yield Strength) ที่วัสดุสามารถรับได้คือ 200 เมกะปาสกาล (MPa) และจะบอก ถึงตำแหน่งของค่าความแข็งแรงต่ำสุด (Min Strength) ของวัสดุ มีค่าเท่ากับ 0 เมกะปาสกาล และค่าความแข็งแรงสูงสุด (Max Strength) มีค่าเท่ากับ 201.02 เมกะปาสกาล ซึ่งผลที่ได้จาก การคำนวณ วัสดุชิ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ ความแข็งแรงของ อลูมิเนียม 6063 ซึ่งใช้แรงกระทำและขนาดที่กัน ดังภาพที่ 3-19 พบว่า ค่าความเค้นคราก ของอลูมิเนียมมีค่า 50 เมกะปาสกาล สรุปได้ว่า อลูมิเนียมมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าท่อคาร์บอน ไฟเบอร์



ภาพที่ 3-19 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของอลูมิเนียม





ภาพที่ 3-20 การประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ

หมายเลข 1 คือ แผ่นฐานบน หมายเลข 2 คือ แขนบน หมายเลข 3 คือ แขนล่าง หมายเลข 4 คือ แผ่นเคลื่อนที่ หมายเลข 5 คือ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ หมายเลข 6 คือ Rod End Bearing หมายเลข 7 คือ อลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) หลังจากออกแบบซิ้นส่วนต่างๆ (Part) ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

และทำการทดสอบความแข็งแรงของวัสดุแล้ว จากนั้นน้ำขึ้นส่วนทั้งหมดที่ออกแบบมาประกอบ เข้า เป็นชิ้นเดียวกัน (Assembly) ต่อไปทำการทดสอบหาแรงบิดของมอเตอร์เพื่อวิเคราะห์ว่ามอเตอร์ สามารถรับภาระได้หรือไม่ กำหนดให้องศาของแขนที่เคลื่อนที่ขึ้นบนมีค่าเป็นลบ (-) และองศาของ แขนที่เคลื่อนที่ลงล่างเป็นบวก (+) โดยมีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ทดสอบ 1 วินาที

ก) การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ของแขนที่ 1



ภาพที่ 3-21 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ของแขนที่ 1 ไม่มีภาระ แบบที่ 1



ภาพที่ 3-22 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ของแขนที่ 1 ไม่มีภาระแบบที่ 2

จากภาพที่ 3-22 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ที่แขนที่ 1 ไม่มีภาระ แบบที่ 1 (เคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่าง ตั้งแต่มุม -45 องศา ถึง 60 องศา) พบว่าเกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุด 216 นิวตันมิลลิเมตร หรือ 0.216 นิวตันเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากันกับภาพที่ 3-22 แต่ภาพที่ 3-22 จะแสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิด ของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ที่แขนที่ 1 ไม่มีภาระ แบบที่ 2 (เคลื่อนที่จากด้านล่างด้านบน ตั้งแต่มุม 60 องศา ถึง -45 องศา) ซึ่งเคลื่อนที่ในทางตรงข้ามกันกับแบบที่ 1 นั่นเอง



ภาพที่ 3-23 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ของแขนที่ 1 มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 1



ภาพที่ 3-24 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ของแขนที่ 1 มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 2

จากภาพที่ 3-23 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ที่แขนที่ 1 มีภาระ แบบที่ 1 เคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่างตั้งแต่มุม -45 องศา ถึง 60 องศา ส่วนภาพที่ 3-24 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ ที่ แขนที่ 1 มีภาระเช่นกัน แต่เป็นการทดสอบแบบที่ 2 เคลื่อนที่จากด้านล่างด้านบน ตั้งแต่มุม 60 องศา ถึง -45 องศา ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงข้ามกับแบบที่ 1 พบว่าการทดสอบทั้ง 2 แบบ นั้นเกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุดเท่ากัน คือ 357 นิวตันมิลลิเมตร หรือ 0.357 นิวตันเมตร ข) การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน



ภาพที่ 3-25 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 1

จากภาพที่ 3-25 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 1 เคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่างตั้งแต่มุม -45 องศาถึง 60 องศา เกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุด 293 นิวตันมิลลิเมตร หรือ 0.293 นิวตันเมตร



ภาพที่ 3-26 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 2

จากภาพที่ 3-26 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน ไม่มีภาระ แบบที่ 2 เคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบน ตั้งแต่มุม 60 องศา ถึง -45 องศา เกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุด 292 นิวตันมิลลิเมตร หรือ 0.292 นิวตัน เมตรซึ่งน้อยกว่าแบบที่ 1 อยู่ 0.001 นิวตันเมตร



ภาพที่ 3-27 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 1

จากภาพที่ 3-27 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 1 เคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่าง ตั้งแต่ มุม -45 องศาถึง 60 องศา เกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุด 605 นิวตันมิลลิเมตร หรือ 0.605 นิวตันเมตร



ภาพที่ 3-28 การวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 2

จากภาพที่ 3-28 แสดงการทดสอบการวิเคราะห์แรงบิดของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 3 แขน มีภาระ 300 กรัม แบบที่ 2 เคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบน ตั้งแต่ มุม 60 องศา ถึง -45 องศา เกิดแรงบิดที่เวลาทำงานสูงสุด 607 นิวตันมิลลิเมตรหรือ 0.607 นิวตันเมตร ซึ่งมากกว่าแบบที่ 1 อยู่ 0.002 นิวตันเมตร ซึ่งถือว่าเป็นค่าแรงบิดที่เวลาใช้งานสูง ที่สุดใน 1 วินาที

3.4.1.6 การผลิตชิ้นส่วนทางเครื่องกล

เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุ ที่นำมาสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุและการวิเคราะห์แรงบิดของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ แล้ว จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ทำการวาดในโปรแกรมช่วยในการออกแบบ สร้างเป็นแบบชิ้นงานกล (Drawing) เพื่อนำไปกัดเป็นชิ้นงานต่อไป

การกัดชิ้นงานแต่ละส่วนได้ใช้อลูมิเนียม เกรดอลูมิเนียม ประเภท 6063 อลูมิเนียมอัลลอย (Aluminum Alloy) ประเภทนี้ประกอบไปด้วยซิลิกอนและแมกนีเซียมในปริมาณ ที่มากพอในการขึ้นรูป ทำให้สามารถทำกระบวนการอบร้อนได้ อลูมิเนียมประเภท 6063 จะสามารถ ทำการขึ้นรูปได้ดี, เชื่อมง่าย, แปรรูปง่ายและต้านทานการกัดกร่อนได้ดีด้วยความแข็งที่ปานกลาง



ภาพที่ 3-29 การกัดชิ้นส่วนแผ่นฐานบน

เมื่อกัดชิ้นงานเรียบร้อยแล้วนำชิ้นส่วนไปชุบเคลือบสี เพื่อป้องกันการเกิด สนิมหรือ ป้องกันการสึกกร่อน ถึงแม้ว่าอลูมิเนียมรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศ จะทำปฏิกริยากับ ออกไซด์เกิดเป็นเยื่อบางๆ (แผ่นพิล์ม) ขึ้น อลูมิเนียมจึงได้รับการปกป้องจากแผ่นพิล์มซึ่งสร้างขึ้น ตามธรรมชาติ ทำให้เป็นสนิมได้ยากหรือป้องกันการสึกกร่อนได้ดี แต่แผ่นฟิล์มบางมากจึงเกิด การสึกกร่อนเมื่อทำปฏิกริยาเคมีกับสิ่งแวดล้อม เพื่อการนั้นจึงต้องมีการชุบเคลือบสีเพื่อปกป้องผิว เอาไว้



ภาพที่ 3-30 การกัดชิ้นส่วนแผ่นฐานบนพร้อมชุบเคลือบสี



ภาพที่ 3-31 วัสดุที่นำมาทำชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

จากภาพที่ 3-31 วัสดุที่นำมาทำแขนของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกนนั้น ใช้เป็นท่อคาร์บอนไฟเบอร์ คุณสมบัติของท่อคือมีค่าโมดูลัส น้ำหนักเบาและความแข็งแรงสูง จึงเหมาะสมที่จะนำใช้งาน เนื่องจากโครงสร้างชุดสาธิตควรเลือกวัตถุดิบที่มีน้ำหนักเบาและรับแรง ได้มาก ซึ่งท่อคาร์บอนไฟเบอร์ที่นำมาทำแขนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลางคือ 25 มิลลิเมตรและที่นำมา ทำแขนล่างบนมีเส้นผ่านศูนย์กลางคือ 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3-32 การกัดชิ้นส่วนแขนบนพร้อมชุบเคลือบสีอลูมิเนียม



ภาพที่ 3-33 Fixture สำหรับการประกอบแขนบน



ภาพที่ 3-34 การประกอบแขนบน



ภาพที่ 3-35 การปรับแนว (Alignment) ของแขนบน

จากภาพที่ 3-32 ถึง 3-35 เป็นการประกอบแขนบนโดยใช้ Fixture ซึ่ง เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมา เพื่อช่วยในการกำหนดดำแหน่งยึดจับขึ้นงานและรองรับขึ้นงานพร้อมทั้งมี การปรับแนวของขึ้นงานนั่นก็คือ แขนบนให้ตรงกันและได้ระยะความยาวเท่ากันที่ 200 มิลลิเมตร ทั้ง 3 แขน



ภาพที่ 3-36 ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ที่นำมาทำแขนล่าง



ภาพที่ 3-37 Rod End Bearing

จากภาพที่ 3-37 Rod End Bearing จะนำมาติดที่ปลายท่อคาร์บอนไฟ เบอร์ที่นำมาทำแขนล่าง เพื่อเป็นจุดเชื่อมต่อกับแขนบนและแผ่นเคลื่อนที่ Rod End Bearing ช่วยในการเคลื่อนที่ให้เรียบลื่น ไม่สะดุด



ภาพที่ 3-38 Epoxy Resin

Epoxy Resin สามารถใช้ยึดติดกับวัสดุหลากหลายประเภท เช่น ไม้ เหล็ก ไฟเบอร์ แก้ว พลาสติก คอนกรีต รวมถึงเครื่องสุขภัณท์ต่างๆซึ่งในโครงงานนี้ได้นำ Epoxy Resin มาใช้เป็นสารยึดติดระหว่างท่อคาร์บอนไฟเบอร์และ Rod End Bearing



ภาพที่ 3-39 ตัวทำแข็ง (Hardener)

จากภาพที่ 3-39 จะนำตัวทำแข็งซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกริยาเปลี่ยนสภาพ Epoxy Resin จากพลาสติกเหลวให้เป็นพลาสติกแข็งจะช่วยลดระยะเวลาในระหว่างการผสานตัววัสดุได้



ภาพที่ 3-40 อุปกรณ์ผสมสาร

เมื่อผสม Epoxy Resin กับตัวทำแข็งในปริมาณที่พอดีแล้ว ต่อไปจะเริ่ม การประกอบแขนล่างซึ่งจะมีตัวช่วยในการประกอบแขนล่าง นั่นคือ Fixture แสดงดังภาพที่ 3-41



ภาพที่ 3-41 Fixture สำหรับการประกอบแขนล่าง



ภาพที่ 3-42 การทา Epoxy Resin บนอลูมิเนียม

จากภาพที่ 3-42 แสดงการทา Epoxy Resin ที่ผสมแล้วลงบนอลูมิเนียม ที่ยึดกับ Rod End Bearing แล้วจากนั้นนำไปสวมเข้ากับท่อคาร์บอนไฟเบอร์ที่ทา Epoxy Resin แล้วดังแสดงในภาพที่ 3-43



ภาพที่ 3-43 การทา Epoxy Resin บนท่อคาร์บอนไฟเบอร์

จากภาพที่ 3-43 เป็นการแสดงการทา Epoxy Resin ที่ผสมแล้ว ลงบน ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ จากนั้นนำไปสวมเข้ากับอลูมิเนียมที่ยึดติดกับ Epoxy Resin แสดงในภาพที่ 3-44



ภาพที่ 3-44 การประกอบแขนล่างลงบน Fixture

จากภาพที่ 3-44 เมื่อนำท่อคาร์บอนไฟเบอร์และอลูมิเนียมที่ยึดกับ Rod End Bearing ซึ่งทั้งสองวัสดุได้ทำการทา Epoxy Resinและทำมาสวมเข้าด้วยกันเป็นที่เรียบร้อย ด่อไปทำการประกอบลง Fixture เพื่อปรับแนวของแขนล่างให้ตรงกันและได้ระยะความยาวเท่ากัน ที่ 400 มิลลิเมตร ทั้ง 6 แขน จากนั้นทิ้งไว้สักพัก เพื่อให้ Epoxy Resin แห้งและยึดติดแน่น ดัง ภาพที่ 3-45



ภาพที่ 3-45 การทิ้งชิ้นงานลงบน Fixture



ภาพที่ 3-46 การกัดขึ้นส่วนของแผ่นเคลื่อนที่พร้อมชุบเคลือบสีอลูมิเนียม



ภาพที่ 3-47 การประกอบแผ่นเคลื่อนที่



ภาพที่ 3-48 การกัดขึ้นส่วนหน้าแปลนยึดเอชีเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 3-49 ชิ้นส่วนเครื่องกลของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน



ภาพที่ 3-50 การประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

เมื่อประกอบชุดสาธิตเรียบร้อยแล้วทำการชั่งน้ำหนักชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า

3 แกนมีน้ำหนัก 19.6 กิโลกรัม ดังภาพที่ 3-51



ภาพที่ 3-51 การซั่งน้ำหนักชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.4.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน
 เมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการโยงกลไกเพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของ ชุด
 สาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน



ภาพที่ 3-52 การทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ตำแหน่งที่ 1

ภาพที่ 3-53 การทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ตำแหน่งที่ 2

3.5 ระบบไฟฟ้า

3.5.1 ศึกษาและออกแบบระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 3.1 ขนาดสายไฟ

พื้นที่หน้าตัด	กระแสใช้งานสูงสุด
หน่วย ตารางมิลลิเมตร	หน่วย แอมแปร์
0.5	9
0.75	11
1.0	14
1.5	18
2.5	24
4	31
6	42

3.5.1.1 เลือกขนาดสายไฟให้กับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์

กระแสไฟฟ้าของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ คือ 6.9 แอมแปร์ ซึ่งการเลือกใช้ สายไฟจะต้องเลือกใช้ให้มากกว่ากระแสใช้งาน 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 1.725 กระแสไฟฟ้าที่จะนำไป เลือกสายไฟในตารางที่ 3.1 คือ 6.9 + 1.725 = 8.625 แอมแปร์ ดังนั้นสายไฟที่จะเลือกใช้มี ขนาด 0.5 ตารางมิลลิเมตร

LXM32•		U45M2•	U90M2•	D18M2•	D30M2•
lominal voltage	[V]	230 (1 ~)	230 (1 ~)	230 (1 ~)	230 (1 ~)
Inrush current limitation	[A]	3.5	6.9	16	33
Maximum fuse to be connected upstream 1)	[A]	25	25	25	25
Short-circuit current rating (SCCR)	[kA]	5	5	5	5
Continuous output current	[A _{rms}]	1.5	3	6	10
Peak output current (for 1 s)	[A _{rms}]	4.5	9	18	30
Minimum inductance motor (phase/ phase)	[mH]	5.5	3	1.4	0.8

ภาพที่ 3-54 ข้อมูลพื้นฐานของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ รุ่น LXM32A U90M2

3.5.1.2 เลือกขนาดสายไฟให้กับพีแอลซี

กระแสไฟฟ้าของพีแอลซีคือ 0.7 แอมแปร์ ซึ่งการเลือกใช้สายไฟจะต้อง เลือกใช้ให้มากกว่ากระแสใช้งาน 25% คือ 1.725 กระแสไฟฟ้าที่จะนำไปเลือกสายไฟ ในตารางที่ 3.1 คือ 0.7 + 1.725 = 2.425 แอมแปร์ ดังนั้นเลือกสายไฟขนาด 0.5 ตารางมิลลิเมตร

CPDM Power Consumption Overview

The following table shows the power characteristics of the TM258LF42DT4L++:

Rated voltage CF	MO		24 Vdc	
Voltage range CPDM		20.428.8 Vdc		
Main power Minimum current		no external loads)	0.31 A	
	Maximum current i	including the following loads:	0.7 A	
	Current for TM5 bus power when adding expansion modules	00.1 A		
		Current for serial line when connected devices consume power	00.05 A	
		Current for USB Host when connected devices consume power	00.1 A	
		Current for optional PCI modules when connected devices consume power	Refer to your specific PCI module (see Modicon TMS PCI Modules, Hardware Guide)	

ภาพที่ 3-55 ข้อมูลพื้นฐานของพีแอลซี รุ่น TM258LF42DT4L

3.5.1.3 เลือกขนาดสายไฟให้กับ Switching Power Supply

กระแสไฟฟ้าของ Switching Power Supply คือ 1.4 แอมแปร์ ซึ่ง การเลือกใช้สายไฟจะต้องเลือกใช้ให้มากกว่ากระแสใช้งาน 25 เปอร์เซ็นต์ คือ 1.725 กระแสไฟฟ้า ที่จะนำไปเลือกสายไฟในตารางที่ 3.1 คือ 1.4 + 1.725 = 3.125 แอมแปร์ ดังนั้นสายไฟที่จะ เลือกใช้มีขนาด 0.5 ตารางมิลลิเมตร

ภาพที่ 3-56 Switching Power Supply

3.5.1.4 เลือกขนาดสายไฟทั้งระบบ

กระแสไฟฟ้าทั้งระบบ คือ กระแสไฟฟ้าของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้งสามตัว กระแส ไฟฟ้าของ Switching Power Supply และกระแสไฟฟ้าของพีแอลซีรวมกัน นั่นคือ 3(8.625) + 3.125 + 2.425 = 31.425 แอมแปร์ ดังนั้น สายไฟที่จะเลือกในตารางที่ 3.1 คือสายไฟขนาด 6 ตารางมิลลิเมตร

ภาพที่ 3-57 อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ

3.5.2 ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าลง Control Box และทดสอบการทำงาน

ภาพที่ 3-58 อุปกรณ์ไฟฟ้า

ภาพที่ 3-59 ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

ภาพที่ 3-60 ประกอบอุปกรณ์ลงใน Control Box พร้อมเดินสายไฟ

ภาพที่ 3-61 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าบน Control Box

จากภาพที่ 3-60 แสดงส่วนประกอบภายใน Control Box หมายเลข 1 คือ พัดลมระบายอากาศ หมายเลข 2 คือ Main Breaker หมายเลข 3 คือ Switching Power Supply หมายเลข 4 คือ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ หมายเลข 5 คือ ช่องดูดอากาศ หมายเลข 6 คือ Terminal หมายเลข 7 คือ พีแอลซี จากภาพที่ 3-61 แสดงส่วนประกอบภายนอก Control Box หมายเลข 1 คือ พัดลมระบายอากาศ หมายเลข 2 คือ กุญแจและที่เปิดตู้คอนโทรล หมายเลข 3 คือ ไฟแสดงสถานะการทำงาน หมายเลข 4 คือ ปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Button) หมายเลข 5 คือ ที่จับยก Control Box หมายเลข 6 คือ ช่องดูดอากาศ หมายเลข 7 คือ Connector หมายเลข 8 คือ ช่องต่อสายไฟ 220 VAC

ภาพที่ 3-62 การซึ่งน้ำหนัก Control Box

เมื่อประกอบอุปกรณ์ลงใน Control Box เรียบร้อยแล้ว ทำการชั่งน้ำหนัก Control Box มีน้ำหนัก 27.0 กิโลกรัม ดังภาพที่ 3-62 ดังนั้นชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน จึงมี น้ำหนักสุทธิ 46.6 กิโลกรัม

ภาพที่ 3-63 การแสดงไฟสถานะขณะเครื่องทำงาน

ภาพที่ 3-64 การทดสอบการทำงานของพีแอลซี

ภาพที่ 3-65 การทดสอบการทำงานของชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์

3.6 ระบบการควบคุมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน

3.6.1 ออกแบบและเขียนโปรแกรมการควบคุมโดยใช้พีแอลซี

การเขียนโปรแกรมโดยใช้การพีแอลซี่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ SoMachine ของ บริษัท Schneider Electric เสียก่อน จึงจะสามารถออกแบบโปรแกรมคุมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนได้จากภาพที่ 3-67 ถึง 3-68 เมื่อทำการติดตั้งและเขียนโปรแกรมได้แล้ว จากนั้นทำการส่ง ข้อมูลมาให้ที่พีแอลซี ทำหน้าที่ประมวลผล และส่งสัญญาณคำสั่งในรูปแบบการสื่อสาร CANOpen ไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์แต่ละตัว จากนั้นชุดขับเคลื่อนทำการส่งสัญญาณไปที่เอซีเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อเอซีเซอร์โวมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสามตัวทำงานก็จะส่งสัญญาณป้อนกลับ (Feed Back) ซึ่งในที่นี้คือสัญญาณของเอนโค้ดเดอร์กลับมายังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์คืนเพื่อที่ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ จะส่งข้อมูลกลับไปประมวลผลและรอคำสั่งถัดไปจากพีแอลซี โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมชุดสาธิต ผ่านหน้าจอแสดงผลที่ผู้จัดทำสร้างขึ้นจากโปรแกรม Microsoft Visual Studio

ภาพที่ 3-66 แผนผังการออกแบบการควบคุมชุดสาธิต

ภาพที่ 3-67 แผนผังการออกแบบการควบคุมชุดสาธิตโดยผ่านหน้าจอแสดงผล

3.6.2 เชื่อมต่อการสื่อสารแบบ Modbus TCP/IP และแบบ CANOpen

Modbus TCP/IP ออกแบบมาเพื่อใช้ในงานประเภท Information Network ทำ หน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ไม่จำกัดจำนวนเข้ากับเครือข่ายที่ไม่จำกัดขนาด โดยการใช้เทคโนโลยีที่มี ราคาถูก ระดับความขับซ้อนมีตั้งแต่ต่ำจนกระทั่งสูงมาก แต่อย่างไรก็ตามบุคลากรที่ดูแลระบบ หาได้ง่าย เพราะเป็นเทคโนโลยีที่แพร่หลายเสถียรภาพของระบบสูงมาก

ภาพที่ 3-68 การเชื่อมต่อสาย LAN (Local Area Network) เพื่อใช้งาน Modbus TCP/IP

ตรวจสอบว่าต่อสาย LAN เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์สำเร็จหรือไม่ ตามขั้นตอนที่ แสดงดังภาพที่ 3-69 ถึง 3-72

ภาพที่ 3-69 การเริ่มต้นการตรวจสอบการเชื่อมต่อสาย LAN

ภาพที่ 3-70 การตรวจสอบหา IP Address

Microsoft Windows [Version 6.1.7601] Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rig}	nts reserved.	*
C:\Users\nannoi> ping -t 192.168.1.10		
Pintring 192.168.1.10 with 32 bytes of data:		
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time=1ms TTL=64	1 C	
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time=1ms TTL=64		
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time=1ms TTL=64		a 24
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time<1ms TTL=64	ເພື່ອຍເອ	ລວດດີວເຮັດ
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time=1ms TTL=64	PO 69 10	1 61 61 169 4
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time<1ms IIL=64		
Reply from 192.168.1.10: bytes=32 time(1ms IIL=64	Contraction of the second s	
Keply from 192.168.1.10: bytes=32 time(1ms IIL=64		
Reply from 192.168.1.10: Dytes=32 time(ins IIL=64		
Neply IPON 172.100.1.10: Dytes-32 time(ins IIL-04 Device from 102 160 1 10: betes-22 time(ins IIL-04	12 m	
$\begin{array}{c} \text{Reply from 172.100.1.10. bytes - 32 time (105 111-04)} \\ \text{Paper 102 100 1 10. bytes - 32 time (105 111-04)} \\ \end{array}$	1 m	
Pavalu fuon 102 168 1 10* butae=32 fina(1ne TTL=64)		
Review from 192 168 1 10: hutes=32 time(1ms $TIL=64$	12	
Reply from $192.168.1.10$; bytes 32 time inc TTL=64		
Realy from 192,168,1,10: hytes=32 time(ins TTL=64		
Reniu from 192,168,1,10: hutes=32 time=1ms TTL=64		

ภาพที่ 3-71 การเชื่อมต่อสาย LAN สำเร็จ

ภาพที่ 3-72 การเชื่อมต่อสาย LAN ไม่สำเร็จ

CANOpen ออกแบบมาเพื่อให้เหมาะที่จะใช้เป็น Data Network ใช้กับการควบคุม และรับส่งข้อมูลจำนวนมาก และความเร็วสูงระยะการสื่อสารสั้น ข้อดีที่สำคัญคือความเร็วสูง เสถียรภาพสูง ความซับซ้อนด่ำ

ภาพที่ 3-73 การเชื่อมต่อสาย CANOpen

จากภาพที่ 3-73 แสดงการต่อสายสัญญาณ CANOpen (สายสีม่วง) เพื่อใช้งาน และจำเป็นที่จะต้องต่อสายสัญญาณให้ตรงกับช่องการรับข้อมูล และช่องการส่งข้อมูลไม่เช่นนั้นจะไม่ สามารถส่งสัญญาณแบบ CANOpen ได้

3.6.3 ออกแบบและสร้างหน้าจอแสดงผลผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio

สร้างหน้าจอแสดงผลหลักที่สร้างขึ้นนั้น ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการใช้งาน 4 ฟังก์ชัน ด้วยกัน แต่ก่อนจะเข้าใช้งานแต่ละฟังก์ชันได้ จำเป็นที่จะต้องตั้งค่า IP Address เสียก่อน ไม่เช่นนั้นจะเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลไม่ได้ เมื่อทำการเชื่อมต่อสำเร็จ ต่อไปเป็นการเปลี่ยนแปลงค่า พารามอเตอร์ต่างๆของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน อันได้แกน ขนาดความยาวของแขนบน ขนาดความยาวของแขนล่าง ขนาดความยาวของแผ่นฐานบนและความยาวของแผ่นฐานล่าง โดยที่ ในหน้าต่าง Change Parameter ทางผู้จัดทำได้สร้างช่องใส่ข้อมูลไว้ให้ เพื่อง่ายต่อ การ กรอก จากนั้นก็จะสามารถเลือกใช้งานฟังก์ชันต่างๆได้ เช่น ฟังก์ชัน Forward/Inverse, Jog X,Y,Z, Linear Motion, Position 1 และ Position 2 ซึ่งการทำงานของแต่ละฟังก์ชันจะอธิบาย ดังภาพที่ 3-77 ถึง 3-81

ภาพที่ 3-74 แผนผังแสดงการออกแบบหน้าจอแสดงผลหลักผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio

ในการออกแบบหน้าจอแสดงผลนั้น จะต้องทำการตั้งต่า IP Address ในหน้าต่าง IP Setting เสียก่อน แสดงขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3-75 เริ่มต้นการทำงานของหน้าต่างนี้ ทำได้ โดยการใส่ค่า IP Address ให้ตรงกันกับที่ตัวพีแอลซี จากนั้นกดปุ่ม Connect IP Address หาก กดปุ่ม Connect IP Address ได้แสดงว่า IP Address ตรงกันกับที่ตัวพีแอลซี เมื่อกดปุ่มแล้ว จะกลับมาสู่หน้าจอหลักโดยอัตโนมัติ แต่หากไม่สามารถกดปุ่มได้จะหมายความว่า ค่า IP Address ที่ใส่ไปนั้นไม่ตรงกันกับที่ตัวพีแอลซี จำเป็นที่จะต้องใส่ใหม่และกดปุ่มซ้ำอีกครั้ง

ภาพที่ 3-75 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย IP Setting

ภาพที่ 3-76 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Change Parameter

ภาพที่ 3-77 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Forward/Inverse

ภาพที่ 3-78 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Jog X,Y,Z

จากภาพที่ 3-76 แสดงการออกแบบหน้าต่างการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (Change Parameter) ทำการรับค่าเข้ามา 4 ค่าด้วยกัน ได้แก่ ค่าความยาวด้านข้างของแผ่นฐานบน, ความยาวของแขนบน, ความยาวแขนล่างและความยาวด้านข้างของแผ่นเคลื่อนที่ กำหนดค่าตัว แปร คือ f, rf, re และ e ตามลำดับ เมื่อรับค่าครบแล้ว กดปุ่ม OK จากนั้นโปรแกรมจะทำการ เก็บข้อมูลไว้เพื่อประมวลผลต่อไป หลังจากการกดปุ่มแล้วจะกลับสู่หน้าต่างหลักโดยอัตโนมัติ

ฟังก์ชัน Forward/Inverse แสดงดังภาพที่ 3-77 เป็นฟังก์ชันที่แสดงค่าองศา Theta และตำแหน่ง X,Y,Z ของแต่ละการเคลื่อนที่ เริ่มต้นจากการรับค่า Theta1, Theta2 และ Theta3 จากนั้นกดปุ่ม Forward โปรแกรมจะทำการแปลงค่า Theta เป็นค่า X,Y,Z แสดง ขึ้นมาทางหน้าจอ หากไม่กดปุ่ม Forward จะต้องทำการรับค่า X, Y, Z ก่อน จากนั้นกดปุ่ม Inverse โปรแกรมจะแปลงค่าเป็น Theta1, Theta2 และ Theta3 แสดงทางหน้าจอ หากไม่ กดปุ่ม Inverse จะต้องกลับไปรับค่า Theta ใหม่ เมื่อไม่ต้องการใช้หน้าต่างฟังก์ชันนี้แล้ว กดปุ่ม ปิดหน้าต่างจะกลับสู่หน้าต่างหลักโดยอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3-78 แสดงการออกแบบฟังก์ชัน Jog X,Y,Z เริ่มจากการกดปุ่ม Jog X,Y,Z และกดปุ่ม Servo On เพื่อสั่งให่เอซีเซอร์โวมอเตอร์ทำงาน จากนั้นจะสามารถกดปุ่มเพื่อ กำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแต่ละแกนได้ อีกด้านหนึ่งของหน้าต่างจะแสดงค่า Theta1, Theta2 และ Theta3 หากไม่กดปุ่ม Jog X,Y,Z จะสามารถเปลี่ยนค่า Feed Jog และ Speed Jog ได้

จากภาพที่ 3-79 แสดงการออกแบบฟังก์ชัน Linear Motion จะทำงานเหมือน ฟังก์ชัน Jog X,Y,Z แต่จะแต่ต่างกันที่ไม่ต้องกดปุ่มเพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ละแกน จะ สามารถใสค่าเป็นตัวเลขไปได้เลย และการทำงานต่างๆจะเหมือนกับฟังก์ชัน Jog X,Y,Z ทั้งหมด

จากภาพที่ 3-80 และ 3-81 แสดงการออกแบบพังก์ชัน Position 1 และ Position 2 ตามลำดับ การทำงานทั้งสองฟังชันนี้เหมือนกัน เพียงแต่พังก์ชัน Position 1 จะ ประมวลผลในโปรแกรม SoMachine V4.1 ส่วน Position 2 จะประมวลผลในโปรแกรม Microsoft Visual Studio ซึ่งการออกแบบกดได้โดยการกดปุ่ม Position 1 หรือ Position 2 และจากนั้นกดปุ่ม Position From Delta Robot คือการส่งค่าจากชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ไปให้หุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 และเมื่อทำการกด Servo ON จะทำให้ทั้ง เซอร์โวมอเตอร์ที่ชุดสาธิตทำงาน เมื่อโยกปลาย Tool ที่ชุดสาธิตให้เคลื่อนที่ได้ตามต้องการ หน้า จอแสดงผลจะแสดงค่าองศา Theta 1, Theta2 และ Theta3 แบบ Real Time แต่ตำแหน่ง ของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 จะไม่ตรงกันกับตำแหน่งของชุดสาธิต หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เนื่องจากสมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 ไม่เหมือนกัน เมื่อไม่ต้องการหน้าต่างพังก์ชันนี้แล้วให้กปุ่มปิดหน้าต่างจะกลับสู่หน้าหลัก ดังเดิม

ภาพที่ 3-79 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Linear Motion

ภาพที่ 3-80 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Position 1

ภาพที่ 3-81 แผนผังแสดงการออกแบบโปรแกรมย่อย Position 2

ภาพที่ 3-82 เริ่มเปิดโปรแกรม Visual Studio

ภาพที่ 3-83 การเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Studio

จากภาพที่ 3-83 เป็นการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Studio เพื่อสร้าง โปรแกรมการใช้งานในฟังก์ชันต่างๆดังแสดงในภาพที่ 3-84

ภาพที่ 3-84 การสร้างหน้าจอแสดงผล

หมายเลข 1 การเชื่อมต่อ IP Address เพื่อต้องการให้โปรแกรมที่เขียนสามารถ สื่อสารผ่านการสื่อสารแบบ Modbus TCP/IP หรือการสื่อสารแบบ Ethernet ได้

😻 PI Setting	
IP_Address	
192.168.1.10	Connect To PLC
	н

ภาพที่ 3-85 หน้าด่างการเชื่อมด่อ IP Address กับพีแอลชี

หมายเลข 2 หน้าต่างการใส่ค่าพารามิเตอร์ ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เพื่อนำไปคำนวณสมการจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

🛬 Change Parameter Rob 🗖 🔍 🗮						
Parameter						
f:	432.68					
e :	124.71	ОК				
rf :	200					
re :	400					
h.						

ภาพที่ 3-86 หน้าต่างการใส่ค่าพารามิเตอร์

หมายเลข 3 ฟังก์ชัน Forward and Inverse เป็นฟังก์ชันการคำนวณสมการ จลนศาสตร์ของหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ทั้งจลนศาสตร์ไปข้างหน้า (Forward Kinematic) และจลนศาสตร์ย้อนกลับ (Inverse Kinematic)

😻 Forward and Invere	
> Forward >	< Inverse <
Theta1	X
0	0.0000
Theta2	Y
0	0.0000
Theta3	Z
0	-276.6494

ภาพที่ 3-87 หน้าต่างฟังก์ชัน Forward and Inverse

หมายเลข 4 ฟังก์ชันการ Jogging เป็นการควบคุมการเคลื่อนในแต่ละแกนให้ เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ สามารถปรับระยะทางในการเคลื่อนที่ (Feed Jog) และความเร็ว ในการเคลื่อนที่ (Speed Jog) ได้

😻 Jog X , Y , Z	
< Jog X,Y,Z >	Servo ON
Jog X	Theta1
<- 0 +>	0
Jog Y	Theta2
<- 0 +>	0
Jog Z	Theta3
<276.6494 +>	0
Feed Jog Speed Feed 1.00 mm 50 m	S

ภาพที่ 3-88 หน้าต่างของฟังก์ชัน Jog X,Y,Z

หมายเลข 5 ฟังก์ซัน Linear Motion เป็นควบคุมให้ชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง 2 มิติ หรือ 3 มิติได้ สามารถปรับเปลี่ยนระยะทาง และความเร็วในการ เคลื่อนที่ของชุดสาธิตดังเช่นในฟังก์ชัน Jog X,Y,Z

🐲 Linear Motion		
Run Line	ar Motion	Servo ON
X1 0	X2 0	Theta1 0
Y1 0	Y2 0	Theta2 0
<mark>Z1</mark> -276.6494	Z2 -276.6494	Theta3 0
Feed Motion 1.00 mm.	Distance1	
Speed Feed 20 ms.	Distance1	

ภาพที่ 3-89 หน้าด่างฟังก์ชัน Linear Motion

หมายเลข 6 ฟังก์ชัน Position 1 ได้ทำขึ้นมาเพื่อเป็นแอพพลิเคชัน (Application) เสริมในการสาธิตการใช้งานแบบประยุกต์ของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน การประยุกต์ที่ว่านั้น คือการนำชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ไปเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 โดยชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนจะทำหน้าที่เป็น Master และหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 จะทำหน้าที่เป็น Slave ซึ่งฟังก์ชัน Position 1 จะทำการประมวลผลในโปรแกรม SoMachine V4.1

Form7		
Position From Delta	Robot Servo C	N
Theta1 0	X 0	
Theta2 0	Y 0	
Theta3 0	Z -276.64	

ภาพที่ 3-90 หน้าต่างของฟังก์ชัน Position 1

หมายเลข 7 ฟังก์ชัน Position 2 ได้ทำขึ้นมาเพื่อเป็นแอพพลิเคชันเสริมเหมือน ฟังก์ชัน Position 1 แต่แตกต่างตรงที่ฟังก์ชัน Position 2 จะทำการประมวลผลในโปรแกรม Microsoft Visual Studio

💀 Form8	
Position From Delta	aRobot Servo ON
Theta1	X
0	0
Theta2	Y
0	0
Theta3	Z
0	-276.64

- ภาพที่ 3-91 หน้าต่างของฟังก์ชัน Position 2
- 3.7 ทดสอบระบบการทำงานทั้งระบบ

ภาพที่ 3-92 ภาพรวมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-93 ทดสอบระบบการทำงานทั้งหมด

3.8 การประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-94 การประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

จากภาพที่ 3-94 แสดงการประยุกต์ใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยการนำ ชุด สาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ไปเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 โดย ชุด สาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนจะทำหน้าที่เป็น Master และหุ่นยนต์ Articulated Arm IRB 140 จะทำหน้าที่เป็น Slave

3.9 จัดทำคู่มือการใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-95 แสดงการจัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ขั้นแรกเริ่ม จากการเขียนคู่มือการใช้งาน แบ่งตามหัวข้อที่ตั้งไว้ จากนั้นทำการเขียนอธิบายโครงสร้างทั่วไปของ ชุดสาธิต วิธีการติดตั้งและวิธีการใช้งานชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เขียนอธิบายการใช้งาน ฟังก์ชันต่างๆของชุดสาธิต พร้อมอธิบายการบำรุงรักษาและข้อควรระวังในการใช้งานชุดสาธิต หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3.10 เอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-96 แผนผังแสดงการจัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-96 แสดงการจัดทำเอกสารประกอบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เริ่มจากการ วิเคราะห์หัวเรื่องย่อย จากนั้นเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม วิเคราะห์ความรู้และทักษะ วิเคราะห์การเลือกสื่อ จากนั้นเป็นเรื่องของการวัดและประเมินผล เมื่อรวิเคราะห์เนื้อหาครบ เรียบร้อยแล้วจะเริ่มจัดทำเอกสาร์ประกอบชุดสาธิต

3.10.1 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่องย่อย

	1	1					
ตารางที่ 3.2	: หัวข้อเรื่องย่อย	เการเชื่อมต่อ [,]	วงจรเพื่อควา	ปคุมชุดสาธิตา	<i>่</i> นยนต์เดลต้า	3	แกน

หัวข้อเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ (Knowledge)	ทักษะ (Skill)
1. ลักษณะทางกายภาพของ	-มอเตอร์	-
หุ่นยนต์อุตสาหกรรม	-เอนโค้ดเดอร์	
	-โครงสร้างทั่วไป	
2. การเขียนโปรแกรม	-Modbus TCP/IP	-การส่งคำสั่ง (Command)
เชื่อมต่อ พีแอลซีกับชุดขับ	-CAN Open	ไปยังชุดขับมอเตอร์
มอเตอร์		-การตั้งค่าชุดขับมอเตอร์เพื่อ
		รับคำสั่งจากพีแอลซี
3. การเขียนโปรแกรม	-การส่งคำสั่งให้มอเตอร์หมุน	-
เชื่อมต่อ พีแอลซีกับชุดสาธิต	พร้อมกัน	
หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	-การรับค่าจากเอนโค๊ดเดอร์	

ตารางที่ 3.3 หัวข้อเรื่องย่อยการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

หัวข้อเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ (Knowledge)	ทักษะ (Skill)					
1. การเขียน Forward	-รู้จลนศาสตร์ของแขนกล	-วิเคราะห์ตำแหน่งและ					
Kinematic	-พารามิเตอร์ต่างๆ	คำนวณแบบ Forward					
	-การแปลงระบบด้วยเมตริก						
2. การเขียน Inverse	-รู้จลนศาสตร์ของแขนกล	-วิเคราะห์ตำแหน่งและ					
Kinematic	-พารามิเตอร์ต่างๆ	คำนวณแบบ Inverse					
	-การแปลงระบบด้วยเมตริก						

ตารางที่ 3.4 หัวข้อเรื่องย่อยการประยุกต์ใช้งาน

หัวข้อเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ (Knowledge)	ทักษะ (Skill)					
1. เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	-วางแผนการเคลื่อนที่ด้วย	-ควบคุมการเคลื่อนที่ในแนว					
2 มิติ	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	เส้นตรง 2 มิติของ					
	-จลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของ	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน					
	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน						
	-สมการเส้นตรง 2 มิติ						

112

หัวข้อเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ (Knowledge)	ทักษะ (Skill)					
2. เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	-วางแผนการเคลื่อนที่ด้วย	-ควบคุมการเคลื่อนที่ในแนว					
3 มิติ	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	เส้นตรง 3 มิติของ					
	-จลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของ	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน					
	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน						
	-สมการเส้นตรง 3 มิติ						

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) หัวข้อเรื่องย่อยการประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่	3.5	ห้วข้อเรื่องย่อยเ	าารประยุกต์ใช้ง [,]	านในอุตสาหกรรม
			u	u

หัวข้อเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ (Knowledge)	ทักษะ (Skill)
1. Pick and place	-วางแผนการเคลื่อนที่ด้วย	-ควบคุมการเคลื่อนที่จากจุด
	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	หนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
	-จลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของ	
	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	
 การเชื่อมต่อชุดสาธิต 	-การใช้ Router เป็น	-
หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน กับ	ตัวสื่อสารสัญญาณ	
หุ่นยนต์ Articulated Arm	-วิธีการเชื่อมต่อชุดสาธิต	
IRB 140	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน กับ	
	หุ่นยนต์ Articulated Arm	
	IRB 140	

3.10.2 การวิเคราะห์ความรู้และทักษะ

ตารางที่ 3.6 ตารางวิเคราะห์ความรู้และทักษะ

			พุทธิพิสัย								ା ବଡ଼ନଡ଼ି					ทักเ	ิงะพื	ไส้ย	
ล้าดับ	หัวเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะท์	การสังเคราะที่	การประเมิน	การแก้ปัญหา	การรับรู้	การตอบสนอง	การสรางคุณค่า	การจัดระบบ	การสร้างลักษณะนิสัย	การทำงานเป็นทีม	การเลี้ยนแบบ	การทำเลียนแบบ	การทำตามแบบ	การทำด้วยความชำนาญ	อื่นๆ
1	การเชื่อมต [่] อวงจรเพื่อควบคุมชุดสาธิตหุ่ง	เยน	ด็เด	ลต้า	3	Ա	าน												
	 ลักษณะทางกายภาพของ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 	/	/																
	 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ พีแอลซีกับชุดขับมอเตอร์ 	/	/												/				

ตารางที่ 3.6 (ต่อ) ตารางวิเคราะห์ความรู้และทักษะ

		พุทธิพิสัย									୲ଵଡ଼	ନଡ଼ି			ทักษะพิสัย				
ลำดับ	หัวเรื่องย่อย/งานย่อย	ความรู้/ความรำ	ความเข้าใจ	การนำไปใต้	การวิเคราะห์	การสังเคราะที่	การประเมิน	การแก้ปัญหา	การรับรู	การตอบสนอง	การสร่างคุณค่า	การจัดระบบ	การสร้างลักษณะนิสัย	การทำงานเป็นทีม	การเลียนแบบ	การทำเดียนแบบ	การทำตามแบบ	การทำด้วยความข้านาญ	-7G
1	 การเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อพีแอลซี 	/	1																
	กับชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน																		
	การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมชุดสาธิตา	า กุนย	นด์เ	୭ର	จ้า	3	แกง	f											
2	1. การเขียน Forward Kinematic	/	1	1											/	1	1		
	 การเขียน Inverse Kinematic 	1	1	1											7	1	1		
	การประยุกต์ใช้งาน																		
3	1. เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 2 มิติ	/	1	1											/	1	1		
	2. เคลื่อนที่ในแนวเส [้] นตรง 3 มิติ	1	1	1											/	7	1		
	การประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม							I											
	1. Pick and place	/	/	1	/										/	1	1		
4	 การเชื่อมต่อชุดสาธิต หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน กับ 	/	/	/	/										/	/	/		
	หุ่นยนต์ Articulated Arm																		
	IKB 140																		

3.10.2 การวิเคราะห์การเลือกสื่อ

ตารางที่ 3.7 การเลือกสื่อ

				สิ่ง	พิมพ์	ľ		วัสดุโสตทัศน์และอุปกรณ์							
ลำดับ	หัวข้อเรื่อง	ใบเนื้อทา	ใบแบบสึกทัด	ใบกิจกรรม	ใบประลอง	ใบทดสอบ	94- 94 °	เผนภาพ	ដែក។ ង ដែន	โมเคลพลาส์ดิก	หุ้นจำลอง	วิติทัศน์	ของจริง	ซุดสาธิต	อื่นๆ
1	การเชื่อมต่อวงจรเพื่อควบคุมชุดสาธิต หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	/	/											/	
2	การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมชุดสาธิต หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน	/	/											/	
3	การประยุกต์ใช้งาน	/	1											/	
4	การประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม	/	/											/	

3.9.3 การวิเคราะห์การวัดและประเมินผล

ตารางที่	3.8	การวัดและบ	ไระเมินผล
	0.0		

ด้าน	รายการประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์ผ่าน
	- ความสามารถในการอธิบาย	- สอบถามก่อนเรียน	- ใบแบบฝึกหัด	ร้อยละ 80
จมอกริจมิสัยเ	แนวคิดในหุ่นยนต์เดลต้า	- ตรวจสอบ		
พุทยพลย	3 แกน	ใบแบบฝึกหัด		
และ	- ความสามารถ	- สังเกตุการทำงาน		
ทกษะพดย	ในการออกแบบและควบคุม	ของผู้เรียน		
	หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน			
	- มีระเบียบวินัย	- สังเกตุพฤติกรรม	- แบบสังเกตุ	ร้อยละ 80
	ขยันในการปฏิบัติงาน	การเรียน	พฤติกรรม	
	- ตรงต่อเวลา	- สังเกตุ	- แบบบันทึกผล	
ີສາຫຼີດັບ	- แต่งกายสุภาพ	การปฏิบัติงาน	การวัดพฤติกรรม	
91917416151	- ชื่อสัตย์ สุจริตต่อตนเอง	- บันทึกผลการวัด		
	และผู้อื่น	พฤติกรรม		
	- มีน้ำใจ เอื้อเฟื้อ เผื่อแผ่			
	เสียสละ			

3.11 ประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

ภาพที่ 3-97 แผนผังแสดงขั้นตอนการประเมินความเหมาะสม

3.11.1 สร้างแบบประเมิน

ผู้จัดทำได้สร้างแบบประเมินขึ้น โดยใช้ตัวอย่างแบบประเมินจากวิธีการจำแนกของไล เคิร์ต (Likert Scale) คิดโดยไลเคิร์ตมีการกำหนดค่าตัวเลขเป็น 5 ระดับ เป็นลักษณะหนึ่งของมาตร ประมาณค่าหรืออีกนัยหนึ่งคือไลเคิร์ต ใช้เทคนิคมาตรประมาณค่าในการสร้างเครื่องมือ โดย กำหนด Scale เป็น 5 ระดับ ใช้มากในการสร้างมาตรวัดความพึงพอใจจากบุคคล ซึ่งให้แสดง ความคิดเห็นต่อข้อความที่สะท้อนถึงความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องมือ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

- ความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพ

- ความเหมาะสมด้านการใช้งาน

- ความเหมาะสมในการบำรุงรักษา

- ความเหมาะสมในด้านการเป็นชุดสาธิตที่ดี

โดยระดับทั้ง 5 ระดับที่ได้แบ่งนั้นทำการแบ่งได้ดังนี้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับ ควรปรับปรุง ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับ พอใช้ ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับ ปานกลาง

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับ มาก

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับ มากที่สด

โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูลใช้วิธีของไลเคิร์ต แบบจำแนกแต่ละช่วง

ย่อยต่างกัน แบ่งระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยทำการกำหนดช่วงของการวัดได้ดังนี้

ระดับ 1 คะแนนตั้งแต่ 1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับที่ ควรปรับปรุง

ระดับ 2 คะแนนตั้งแต่ 1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับที่ พอใช้

ระดับ 3 คะแนนตั้งแต่ 2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับที่ ปานกลาง

ระดับ 4 คะแนนตั้งแต่ 3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับที่ มาก

ระดับ 5 คะแนนตั้งแต่ 4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับที่ มากที่สุด

3.11.2 แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

ในส่วนนี้ผู้จัดทำได้เรียนเชิญอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์ด้านเครื่องกล, ไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์, ทุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ จำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการประเมิน ความ เหมาะสมในการใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 213360 โดย มีรายชื่อดังนี้

- นายปราการ กาญจนวตี
- ผศ.ชาญชัย ภูริปัญโญ
- ดร.วนายุทธ์ แสนเงิน
- อาจารย์เสมา พัฒน์ฉิม
- อาจารย์ชนากานต์ แคล้มอ้อม

3.12 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

ภาพที่ 3-98 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

ภาพที่ 3-99 ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนสิงหาคม-เดือนธันวาคม 2557 (ภาคเรียนที่ 1/2557)

ภาพที่ 3-100 ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนมิถุนายน 2558 (ภาคเรียนที่ 2/2557)

ລາຂັ້ງ	ราคณร	ລ້າຍງາຍ	ราคา/หน่วย	ราคารวม
		ମା ଜଣ୍ୟ	(บาท)	(บาท)
1	เอซีเซอร์โวมอเตอร์และชุดขับเคลื่อน	3	70,000	210,000
2	พีแอลซี	1	24,000	24,000
3	ซิ้นส่วนเครื่องกล			13,470
4	ท่อไฟเบอร์คาร์บอน Ø25 มิลลิเมตร	1	870	870
5	ท่อไฟเบอร์คาร์บอน Ø10 มิลลิเมตร	3	440	1,320
6	BEARING B6005ZZC3	3	107	321
7	Rod End bearing	12	281	3,372
8	สกรูมิลหัวจมกลม 6x12	30	4.8	135
9	สกรูมิลหัวจมร่ม $4\mathrm{x8}$	30	3	90
10	สกรูมิลหัวจม $4\mathrm{x}10$	30	3	90
11	สกรูหัวจมแบน 3x12	50	3	150
12	Control box	1	2,460	2,460
13	ปุ่มฉุกเฉิน	1	710	710
14	ไฟแสดงสถานะ	1	240	240
15	พัดลมระบายอากาศพร้อมไส้กรอง	1	1,200	1,200
16	Main Breaker	2	650	1,300
17	Terminal	1	400	400
18	รางปีกนก	1	50	50
19	สายไฟ			640
20	Switching Power Supply	1	450	450
21	หางปลาและก้านไม้ขีด			330
22	กระดาษ A4			300
	รวม			261,898

ตารางที่ 3.9 ค่าใช้จ่ายในการทำโครงงาน