

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้โค้ดคำสั่ง สามารถกำหนดและปรับเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ โดยการป้อนโค้ดคำสั่งให้กับหุ่นยนต์ และหุ่นยนต์ยังสามารถเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง เพื่อให้การจัดทำโครงงาน มีแบบแผนเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน และเป็นไปตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ จึงต้องมีการวางแผนเกี่ยวกับหัวข้อทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงงาน แผนการปฏิบัติงาน และวิธีการดำเนินงานที่ชัดเจน มีความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

- 3.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานปริญญานิพนธ์
- 3.2 ขั้นตอนการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ
- 3.3 การประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ
- 3.4 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม GUI เพื่อควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ
- 3.5 การออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ และวิธีการทดสอบ สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ
- 3.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

จากหัวข้อขั้นตอนต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมา สำหรับการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้โค้ดคำสั่ง โดยต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายรายละเอียดของขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานต่างๆ ที่ได้วางแผนไว้ รวมถึงผลของการดำเนินงานต่างๆ

3.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานปริญญานิพนธ์

3.1.1 กลศาสตร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

3.1.2 โครงสร้างและชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์

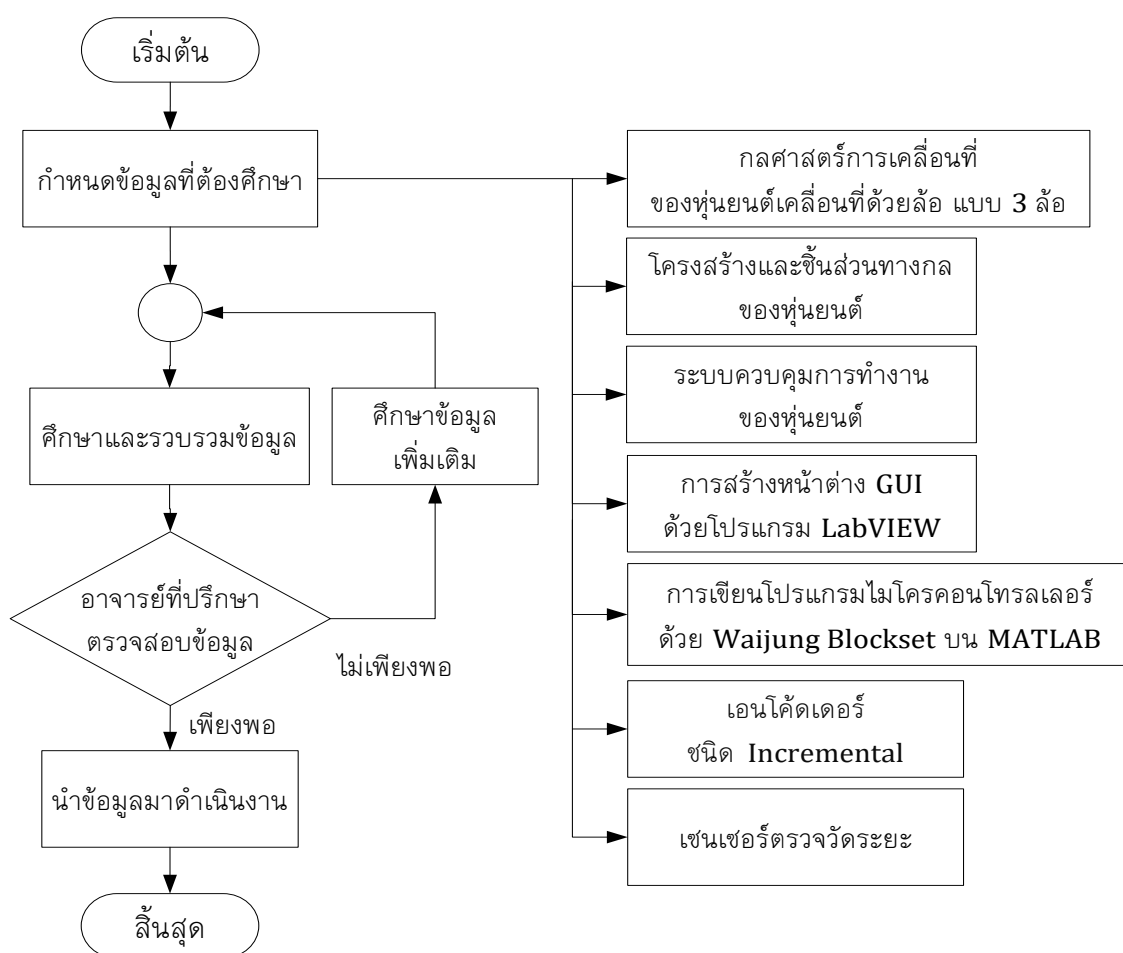
3.1.3 ระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

3.1.4 การสร้างหน้าต่างโปรแกรม GUI ด้วยโปรแกรม LabVIEW

3.1.5 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Waijung Blockset บน MATLAB

3.1.6 เอนโค้ดเดอร์ ชนิด Incremental

3.1.7 เซนเซอร์ตรวจจับระยะ แบบ อัลตราโซนิก

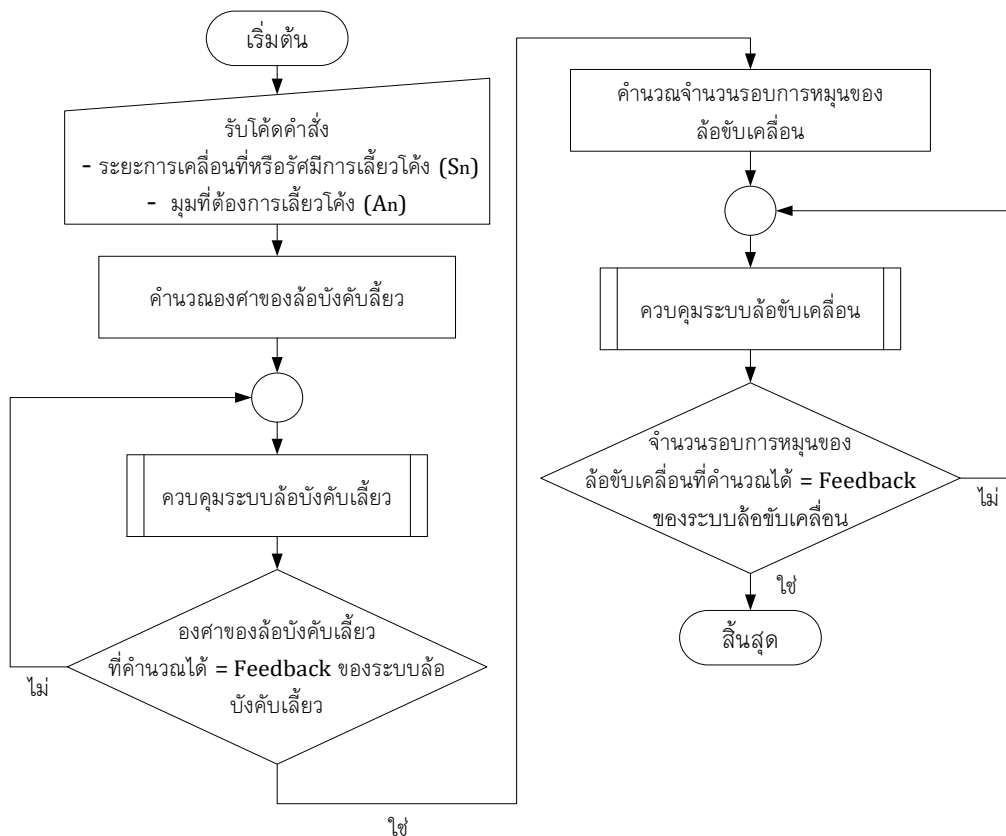


ภาพที่ 3-1 แผนภาพขั้นตอนการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากภาพที่ 3-1 เป็นแผนภาพอธิบายขั้นตอนการศึกษาข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงงานนี้ เริ่มต้นจากผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องข้อมูลและทฤษฎีที่จำเป็น และสำคัญต่อการทำโครงงาน จากนั้นกำหนดหัวข้อเรื่องข้อมูลและทฤษฎีเหล่านั้น ทำการศึกษาหาข้อมูล ผนวกกับให้อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานตรวจสอบข้อมูลและทฤษฎีเหล่านั้น หากข้อมูลและทฤษฎีมีครบถ้วนแล้ว จึงสามารถเริ่มการดำเนินงานในการจัดทำโครงงานได้

3.2 ขั้นตอนการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

3.2.1 หลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-2 แผนภาพอธิบายหลักการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-2 เป็นแผนภาพอธิบาย ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อแบบ 3 ล้อ เริ่มต้นจากการรับโค้ดคำสั่งจากผู้ใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น โค้ดคำสั่งระยะการเคลื่อนที่หรือรัศมีการเลี้ยวโค้ง และโค้ดคำสั่งมุมที่ต้องการเลี้ยวโค้ง โดยระบุโค้ดคำสั่งเป็นตัวเลข เพื่อที่ระบบควบคุมจะนำค่าที่ระบุไว้ไปทำการคำนวณ และนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาเป็น

Set point เพื่อสั่งการและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นต้นกำลัง การทำงานของระบบล้อบังคับซ้าย และระบบล้อขับเคลื่อนจะมีความสัมพันธ์กัน โดยเชื่อมโยงการพิจารณาอยู่ว่า การเคลื่อนที่แบบทางตรง องศาของล้อบังคับซ้ายจะมีค่าเท่ากับ 0 ($An = 0$) และระยะเคลื่อนที่ของล้อขับเคลื่อน จะคำนวณได้จาก $Motion\ distance = \pi \times R_{Wheel} \times \theta$ ส่วนการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง องศาของล้อบังคับซ้ายจะคำนวณได้จาก $R_{Curvature} = \frac{L}{\tan(\alpha)}$

และ ระยะเคลื่อนที่ของล้อขับเคลื่อนสามารถคำนวณได้จาก $CD_0 = \frac{2 \times \pi \times \theta \times \sqrt{\left(\frac{L}{\tan(\alpha)}\right)^2 + (L)^2}}{360}$

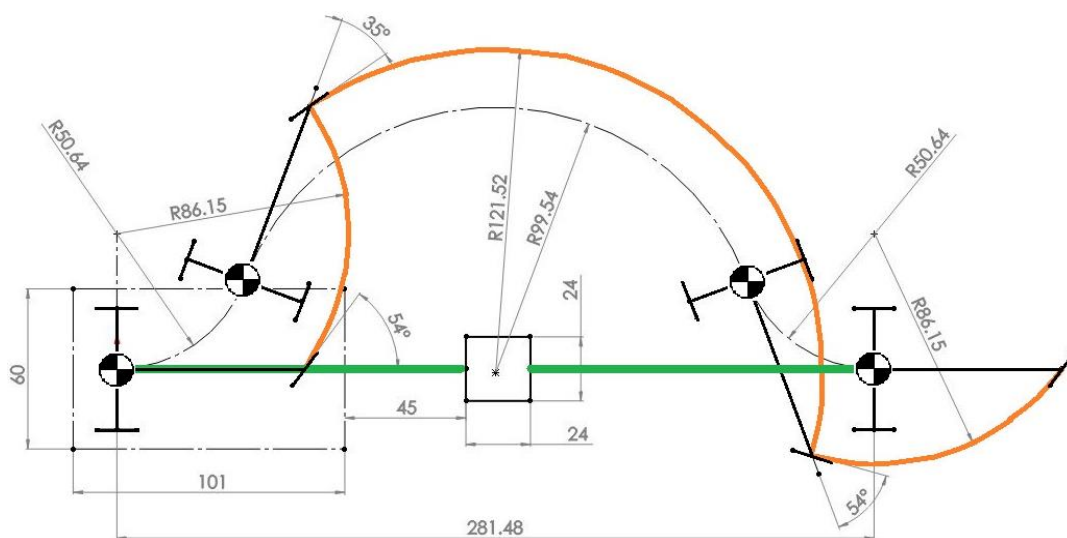
ทั้งนี้สมการที่ใช้ในการคำนวณ จะเป็นไปตามทฤษฎีกลศาสตร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ โดยได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในหน้า 5 ถึงหน้า 6

3.2.2 หลักการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ที่อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-3 แผนภาพขั้นตอนการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ที่อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

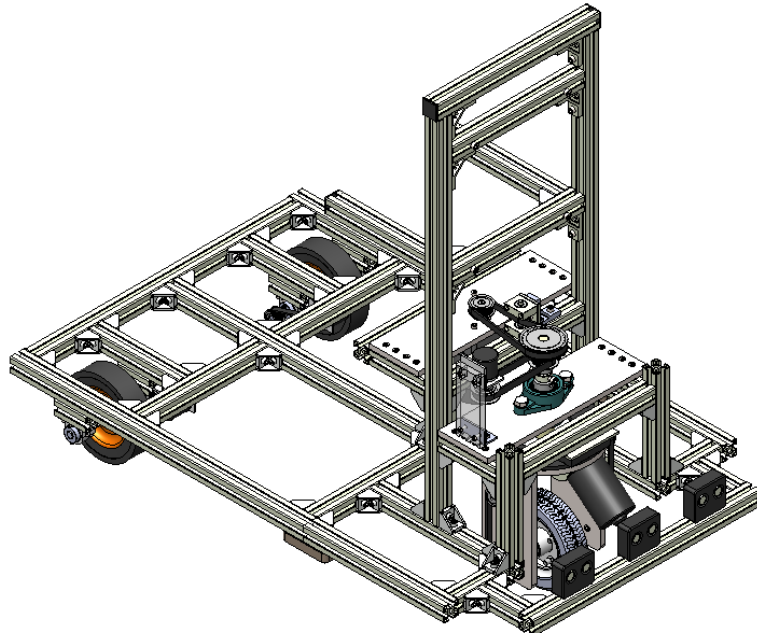
จากภาพที่ 3-3 เป็นแผนภาพอธิบายขั้นตอนการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ที่อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เป็นทางตรง เริ่มต้นจากการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดระยะแบบ อัลตราโซนิก เมื่อตรวจพบสิ่งกีดขวาง ระบบควบคุมก็จะสั่งการให้หุ่นยนต์ ทำการเคลื่อนที่ตามลำดับขั้นตอนในแผนภาพ และเมื่อสิ้นสุดการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ก็จะกลับเข้ามายังเส้นทางการเคลื่อนที่เดิม โดยลักษณะเส้นทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ได้อธิบายไว้ในภาพที่ 3-4



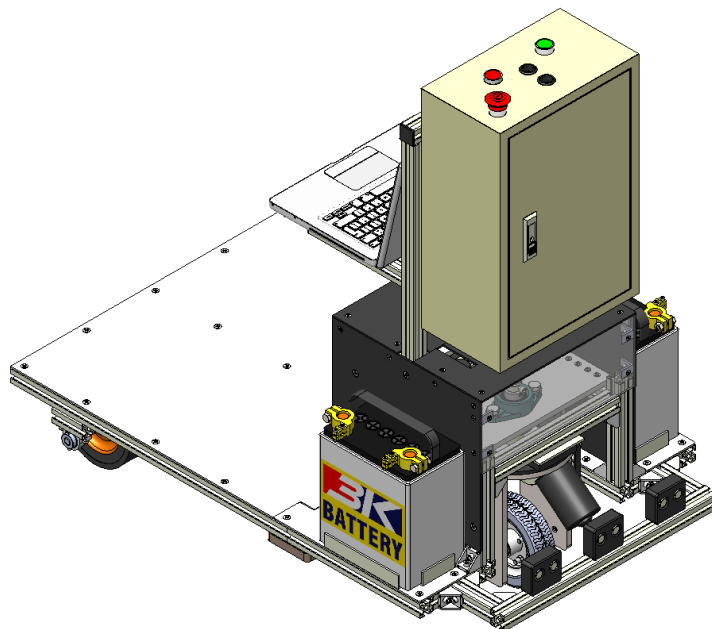
ภาพที่ 3-4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ กรณีที่ตรวจพบสิ่งกีดขวางในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง

จากภาพที่ 3-4 เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ตรวจพบสิ่งกีดขวางจำลองที่มีขนาดความกว้าง และ ความยาว 24 เซนติเมตร จากระยะการตรวจจับที่ 45 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการเคลื่อนที่ตามเส้นทางการเคลื่อนที่ใหม่ โดยเป็นไปตามลำดับขั้นตอนการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ตามที่ได้อธิบายไว้ในภาพที่ 3-3 ส่วนภาพที่ 3-4 จะแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ใหม่เพื่อใช้ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยจะปรากฏเป็นเส้นประสีดำ ส่วนเส้นทึบสีส้ม จะอธิบายระยะทางทั้งหมดที่ล้อจะต้องเคลื่อนที่ไป โดยมีเงื่อนไขประกอบการพิจารณาเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง คือ เมื่อตรวจพบวัตถุกีดขวาง อยู่ทางฝั่งใดฝั่งหนึ่งของตัวหุ่นยนต์ (ฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวา) หุ่นยนต์จะทำการเคลื่อนที่ เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับการตรวจพบวัตถุกีดขวาง โดยในภาพที่ 3-4 เป็นการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยการเลี้ยวโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา ส่วนการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยการเลี้ยวโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะมีขั้นตอนการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่เหมือนกัน แตกต่างกันในทิศทางของการเลี้ยวที่ตรงกันข้าม และเมื่อสิ้นสุดการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะกลับเข้าสู่เส้นทางการเคลื่อนที่เดิม อธิบายโดยเส้นทึบสีเขียว การหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ จะใช้ระยะการเคลื่อนที่ที่เป็นแบบทางตรง 281.48 เซนติเมตร

3.2.3 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



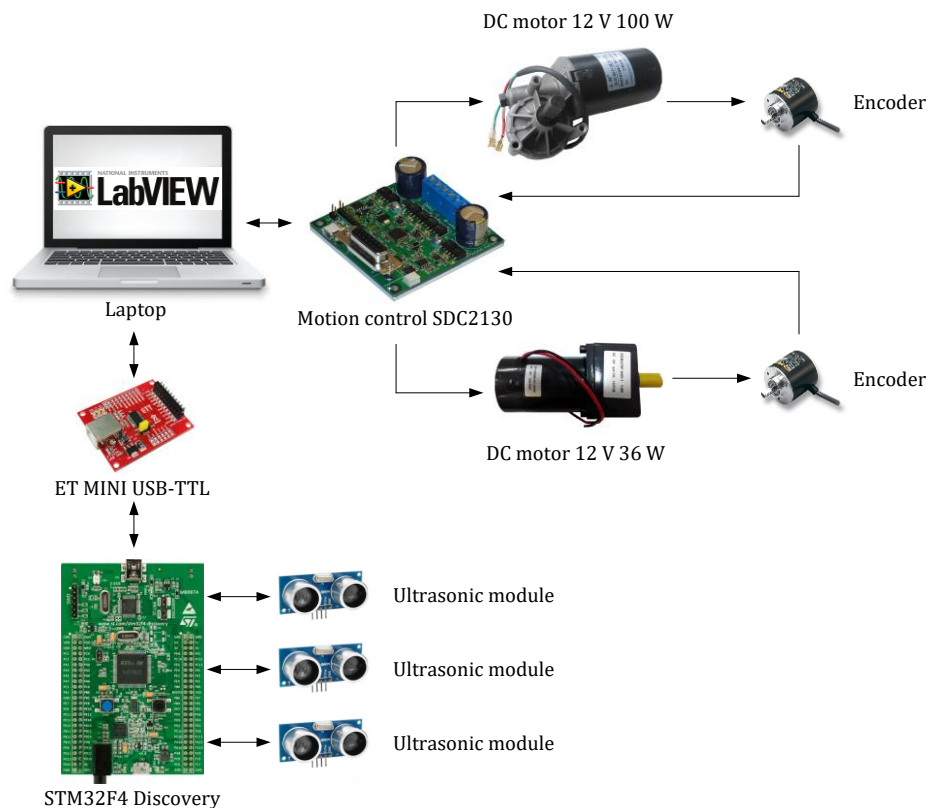
ภาพที่ 3-5 โครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-5 และ ภาพที่ 3-6 คือ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ที่ได้ทำการออกแบบด้วยโปรแกรม Solid work โดยรายละเอียดต่างๆ ของการออกแบบหุ่นเคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ได้อธิบายไว้ในหน้า 84 ถึงหน้า 100

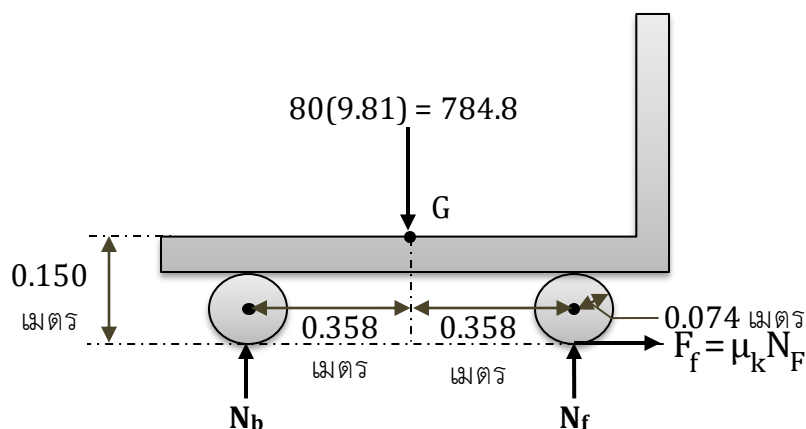
3.2.4 การออกแบบระบบควบคุมของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-7 แผนภาพระบบควบคุม ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-7 เป็นแผนภาพที่อธิบายถึง การออกแบบระบบควบคุมของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ โดยคอมพิวเตอร์โน้ตบุคจะเป็นตัวกลางที่ใช้ในการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับหุ่นยนต์ โดยผู้ใช้งานจะต้องทำการป้อนโค้ดคำสั่งเส้นทางการเคลื่อนที่ลงในหน้าต่างโปรแกรม GUI ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW จากนั้นโค้ดคำสั่งที่ได้ทำการป้อนลงไป จะถูกนำไปประมวลผลแล้วแปลงเป็นข้อมูล จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งถ่ายจากคอมพิวเตอร์โน้ตบุค ด้วยการเชื่อมต่อและสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ต USB ไปยังบอร์ด Motion control Roboteq SDC2130 เพื่อสั่งการให้มอเตอร์ขับเคลื่อน และมอเตอร์บังคับเลี้ยวทำงาน การควบคุมมอเตอร์มีทั้งระบบควบคุมความเร็ว และตำแหน่งของเพลามอเตอร์ โดยเป็นการควบคุมแบบ Close Loop ด้วย PID การตรวจวัดความเร็ว และตำแหน่งของเพลามอเตอร์ ใช้เอนโค้ดเดอร์เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัด ในส่วนของเซนเซอร์ตรวจวัดระยะ แบบอัลตราโซนิก ถูกนำมาใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ที่อยู่ในเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และเมื่อตรวจพบสิ่งกีดขวางระบบควบคุมจะทำการประมวลผลเพื่อที่จะเคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางนั้น แล้วทำการเคลื่อนที่กลับเข้ามายังเส้นทางการเคลื่อนที่เดิม

3.2.5 การหาขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในระบบล้อขับเคลื่อนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-8 แผนภาพ FBD ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อแบบ 3 ล้อ

ภาระโหลดรวมทั้งหมด 80 กิโลกรัม

รัศมีล้อขับเคลื่อน 0.074 เมตร

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน 0.23

ความเร็วในการเคลื่อนที่ 0.5 เมตร/วินาที

คำนวณหาแรงที่กระทำกับโครงสร้างหุ่นยนต์

$$\rightarrow \sum F_x = m(a_G)_x ; 0.23N_f = 80(a_G)_x \quad (3-1)$$

$$\uparrow \sum F_y = m(a_G)_y ; N_b + N_f - 80(9.81) = 0 \quad (3-2)$$

$$\curvearrowright \sum M_G = 0 ; N_f(0.348) - N_b(0.348) + 0.23(N_f)(0.150) = 0 \quad (3-3)$$

จากสมการ (3-3) จัดรูปสมการ

$$0.348N_f - 0.348N_b + 0.035N_f = 0 \quad (3-4)$$

$$0.383N_f - 0.348N_b = 0 \quad (3-5)$$

จากสมการ (3-2) จัดรูปสมการ

$$N_b = 784.8 - N_f \quad (3-6)$$

แทนสมการ (3-6) ลงในสมการ (3-5)

$$0.383N_f - 0.348(784.8 - N_f) = 0 \quad (3-7)$$

$$0.383N_f - 273.110 + 0.348N_f = 0 \quad (3-8)$$

$$0.731N_f = 273.110 \quad (3-9)$$

$$N_f = 373.611 \text{ นิวตัน} \quad (3-10)$$

แทนสมการ (3-10) ลงในสมการ (3-6)

$$N_b = 784.8 - 373.611 \quad (3-11)$$

$$N_b = 411.189 \text{ นิวตัน} \quad (3-12)$$

แทนสมการ (3-10) ลงในสมการ (3-1)

$$0.23(373.611) = 80(a_g) \quad (3-13)$$

$$a_g = \frac{0.23(373.611)}{80} \quad (3-14)$$

$$a_g = 1.074 \text{ เมตร/วินาที}^2 \quad (3-15)$$

คำนวณหาแรงที่กระทำกับล้อขับเคลื่อน (ล้อหน้า)

$$\text{จากสูตร } F_f = \mu_k N_f \quad (3-16)$$

F_f คือ แรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (นิวตัน)

μ_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

N_f คือ แรงกระทำที่ตั้งฉากกับล้อขับเคลื่อน (นิวตัน)

แทนค่า

$$F_f = 0.23(373.611) \quad (3-17)$$

$$F_f = 85.930 \text{ นิวตัน} \quad (3-18)$$

คำนวณหา กำลังงานทางกล

$$\text{จากสูตร } P = FV \quad (3-19)$$

P คือ กำลังงานทางกล (วัตต์)

F คือ แรงกระทำที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (นิวตัน)

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)

แทนค่า

$$P = 85.930(0.5) \quad (3-20)$$

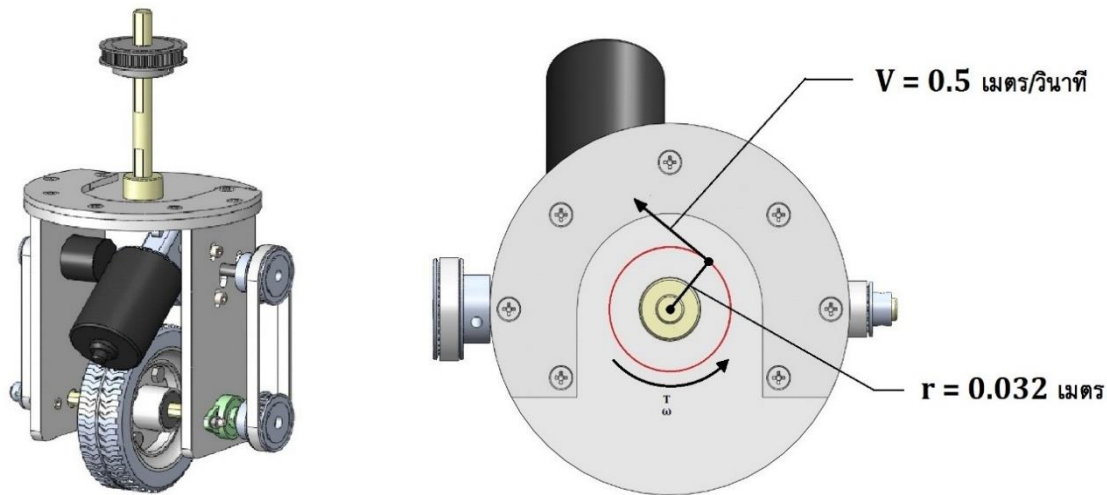
$$P = 42.965 \text{ วัตต์} \quad (3-21)$$



ภาพที่ 3-9 มอเตอร์ระบบล้อขับเคลื่อน

จากภาพที่ 3-9 คือ มอเตอร์ที่ใช้ในระบบล้อขับเคลื่อน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชนิด Permanent magnet ขนาดกำลัง 100 วัตต์ (Safety Factor 2 เท่า) ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 110 รอบ/นาที

3.2.6 การหาขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในระบบบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-10 ระบบล้อบังคับเลี้ยวของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

หุ่นยนต์มีล้อสำหรับรับโหลดทั้งหมด 3 ล้อ โดยแบ่งออกเป็น ล้อสำหรับขับเคลื่อน และบังคับเลี้ยว 1 ล้อ และล้อเคลื่อนที่อิสระ 2 ล้อ

ความเร็วในการบังคับเลี้ยว 0.5 เมตร/วินาที

ขนาดรัศมีของ Pulley สำหรับขับเคลื่อนระบบบังคับเลี้ยว 0.032 เมตร

กำหนดเวลาในการเปลี่ยนแปลงความเร็วเชิงมุมจาก 0 เรเดียน/วินาที ถึง 15.625 เรเดียน/วินาที เท่ากับ 0.5 วินาที

คำนวณหา กำลังงานทางกล

$$\text{จากสูตร } P = T\omega \quad (3-22)$$

P คือ กำลังงานทางกล (วัตต์)

T คือ แรงบิด (นิวตัน·เมตร)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)

คำนวณหาแรงบิด

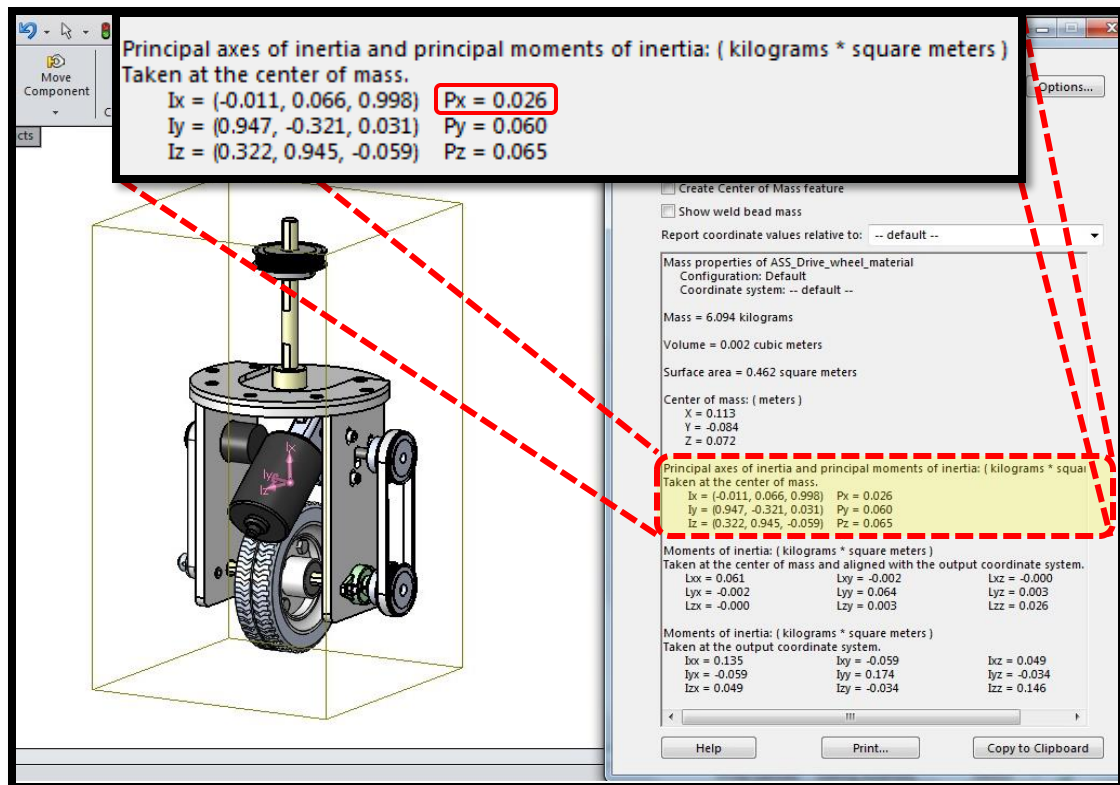
$$\text{จากสูตร } T = I\alpha \quad (3-23)$$

T คือ แรงบิด (นิวตัน·เมตร)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย (กิโลกรัม·เมตร²)

α คือ ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที²)

หาโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบกลไกบังคับด้วย จากโปรแกรม Solid work



ภาพที่ 3-11 โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบกลไกบังคับด้วย

จากภาพที่ 3-11 เป็นการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย ของระบบกลไกบังคับด้วย ด้วยโปรแกรม Solid work ค่าที่ได้ คือ 0.026 กิโลกรัม · เมตร² (หมุนรอบแกน X ในโปรแกรม Solid work) โดยความเที่ยงตรงของค่าโมเมนต์ความเฉื่อย ที่หาได้จากโปรแกรม Solid work จะขึ้นอยู่กับวิธีการระบุชนิดของวัสดุในโปรแกรม ให้ตรงกับชนิดของวัสดุจริงที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนทางกล

คำนวณหาความเร็วเชิงมุม

$$\text{จากสูตร } \omega = \frac{V}{r} \quad (3-24)$$

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)

V คือ ความเร็วเชิงเส้น (เมตร/วินาที)

r คือ รัศมีของ Pulley ของระบบบังคับด้วย (เมตร)

แทนค่า

$$\omega = \frac{0.5}{0.032} \quad (3-25)$$

$$\omega = 15.625 \text{ เรเดียน/วินาที} \quad (3-26)$$

คำนวณหาความเร่งเชิงมุม

$$\text{จากสูตร } \alpha = \frac{\omega}{t} \quad (3-27)$$

α คือ ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที²)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)

t คือ ช่วงเวลาในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (วินาที)

แทนค่า

$$\alpha = \frac{15.625}{0.5} \quad (3-28)$$

$$\alpha = 31.25 \text{ เรเดียน/วินาที}^2 \quad (3-29)$$

แทนค่า

$$T = 0.026(31.25) \quad (3-30)$$

$$T = 0.812 \text{ นิวตันเมตร} \quad (3-31)$$

แทนค่า

$$P = 0.812(15.625) \quad (3-32)$$

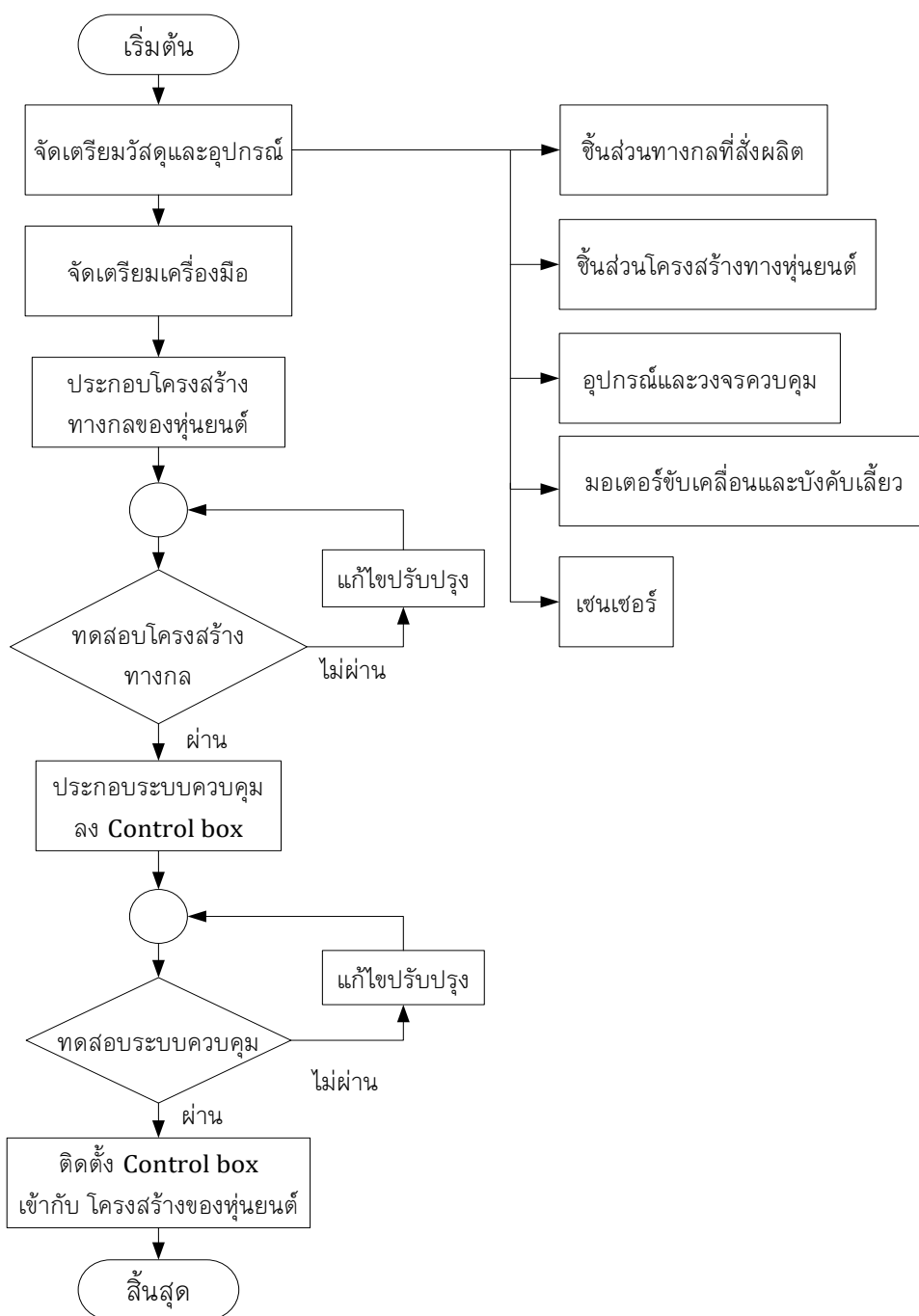
$$P = 12.687 \text{ วัตต์} \quad (3-33)$$



ภาพที่ 3-12 มอเตอร์ระบบล้อบังคับขับเคลื่อน

จากภาพที่ 3-12 คือ มอเตอร์ที่ใช้ในระบบล้อบังคับขับเคลื่อน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชนิด Permanent magnet ขนาดกำลัง 36 วัตต์ (Safety Factor 3 เท่า) ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที

3.3 การประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-13 แผนภาพขั้นตอนการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

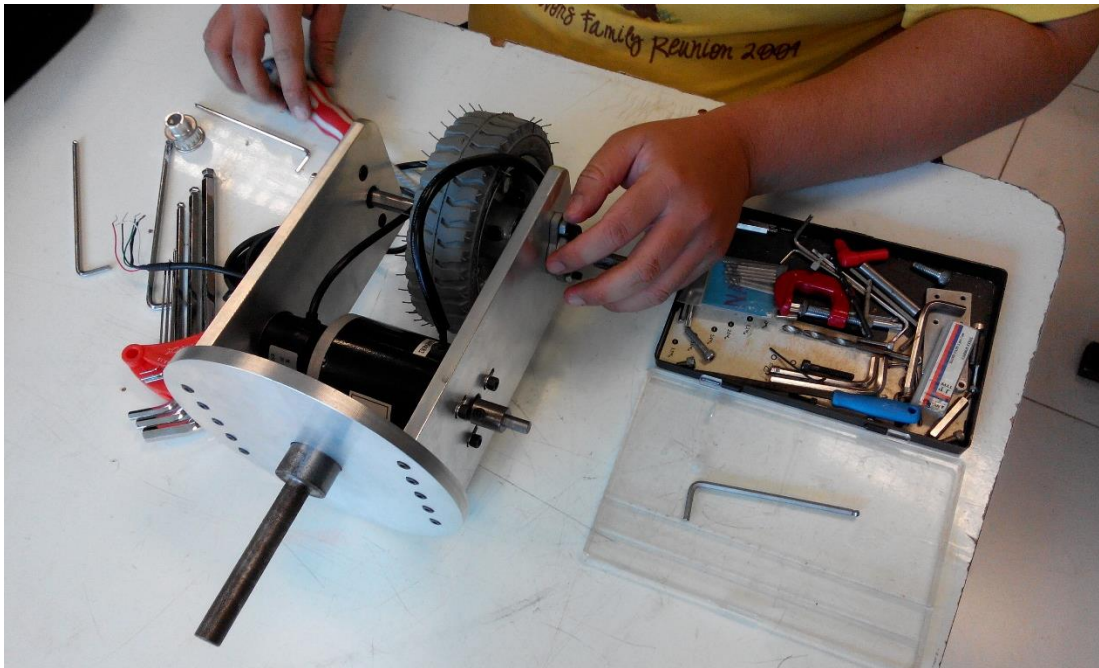
จากภาพที่ 3-13 เป็นแผนภาพอธิบายขั้นตอนการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ เริ่มต้นจากการจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ การจัดเตรียมเครื่องมือต่างๆ และเริ่มจากการประกอบโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ ประกอบระบบควบคุม ตามลำดับ จากนั้นทำการทดสอบการทำงานในแต่ละส่วน แล้วจึงทำการติดตั้งระบบควบคุมเข้ากับโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ โดยมีผลการดำเนินงานในด้านต่างๆ ดังภาพต่อไปนี้



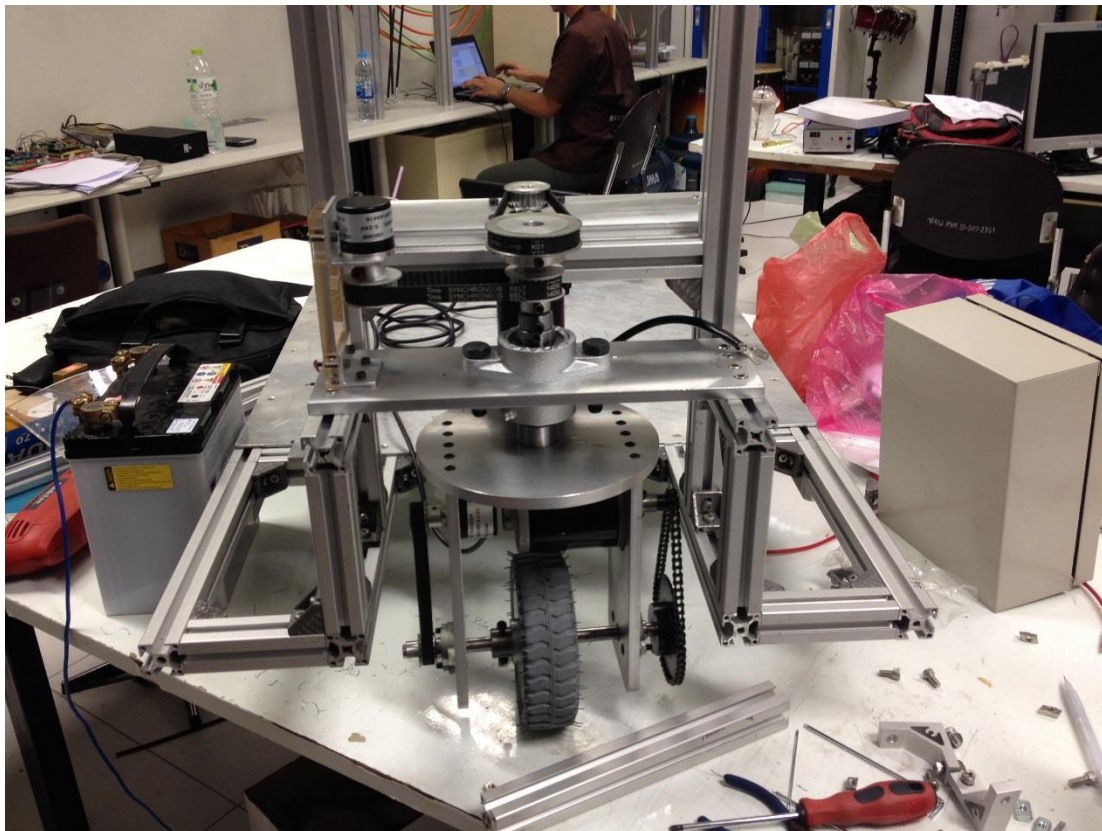
ภาพที่ 3-16 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)



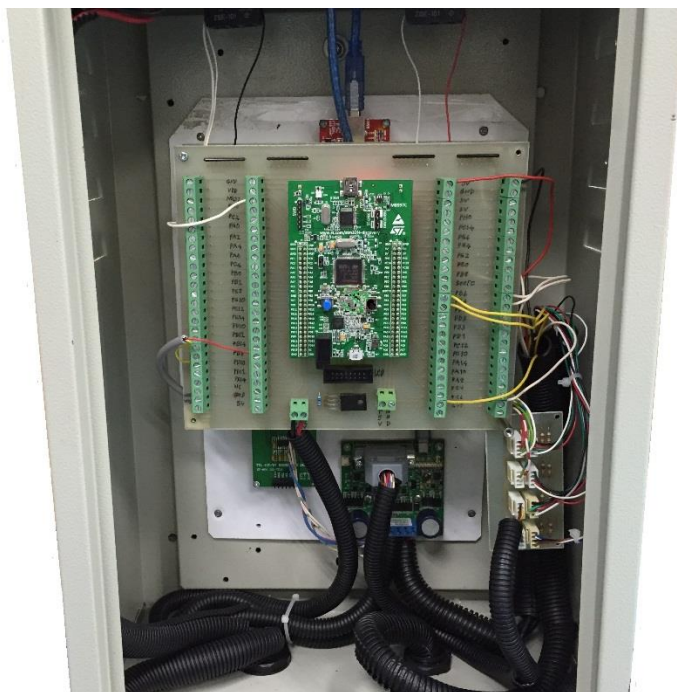
ภาพที่ 3-17 ชิ้นส่วนทางกลของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ (ต่อ)



ภาพที่ 3-18 ประกอบกลไกระบบล้อขับเคลื่อนและล้อบังคับเลี้ยว
ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-19 ประกอบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

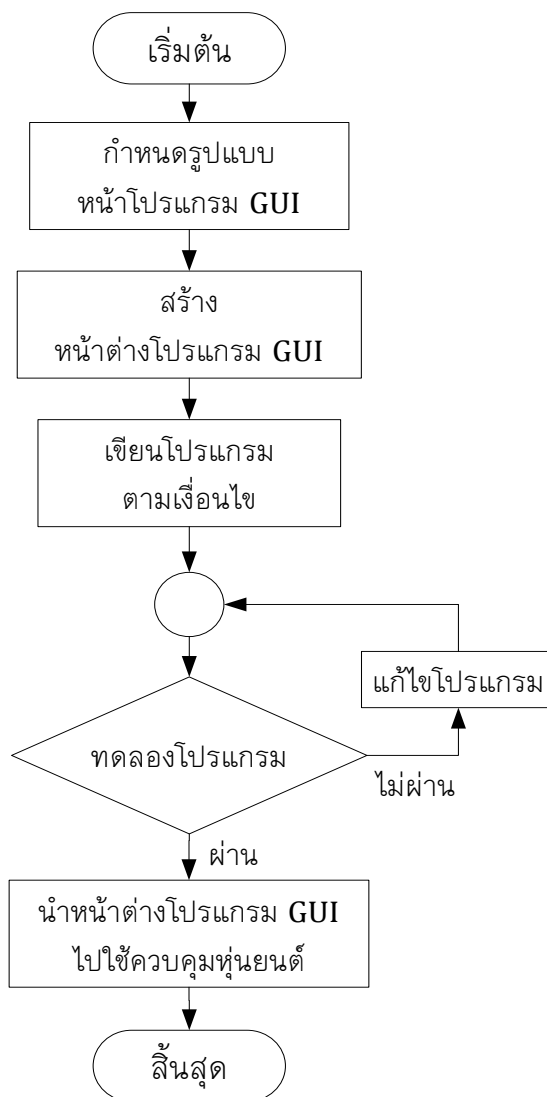


ภาพที่ 3-20 ประกอบวงจรควบคุมลง Control box



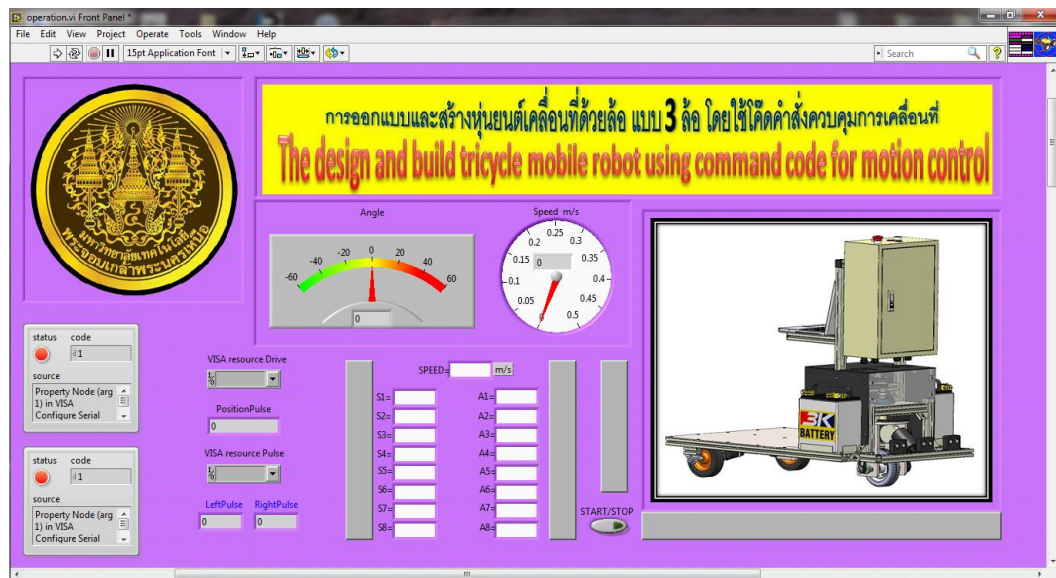
ภาพที่ 3-21 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ที่ทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์

3.4 การออกแบบหน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



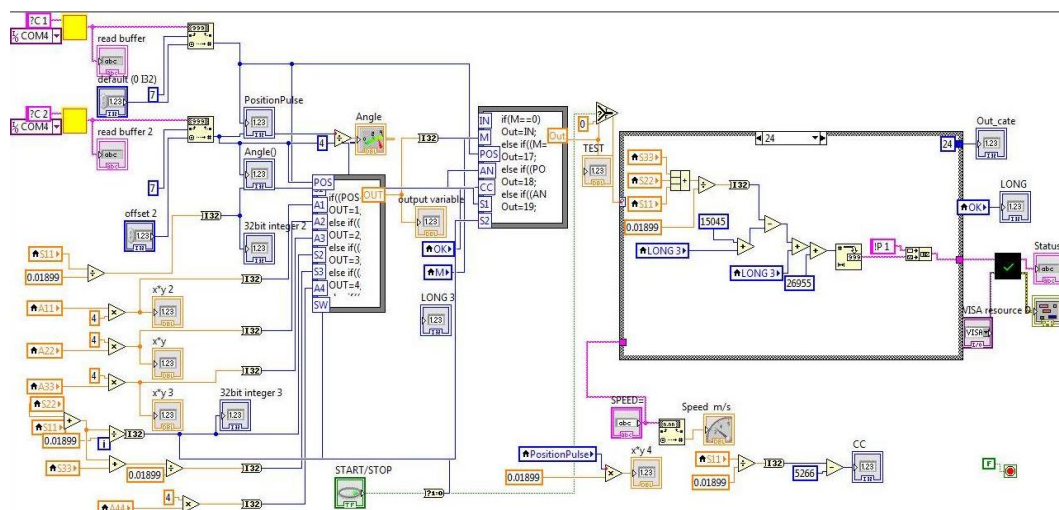
ภาพที่ 3-22 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบหน้าต่างโปรแกรม GUI
สำหรับควบคุมการทำงาน หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-22 เป็นแผนภาพอธิบายขั้นตอนการออกแบบหน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ เริ่มต้นจากการกำหนดรูปแบบ และส่วนประกอบต่างๆ ของหน้าต่างโปรแกรม GUI ดังนี้ ส่วนระบุและแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ ส่วนแสดงองศาของล้อบังคับเลี้ยว ส่วนเชื่อมต่อและแสดงสถานะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม และส่วนสำหรับป้อนโค้ดคำสั่ง จากนั้นจึงทำการสร้างหน้าต่างโปรแกรม GUI เขียนโปรแกรมตามเงื่อนไขการทำงาน ทดสอบการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม GUI แล้วจึงนำไปใช้งานจริงในการควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-23 หน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงาน
หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

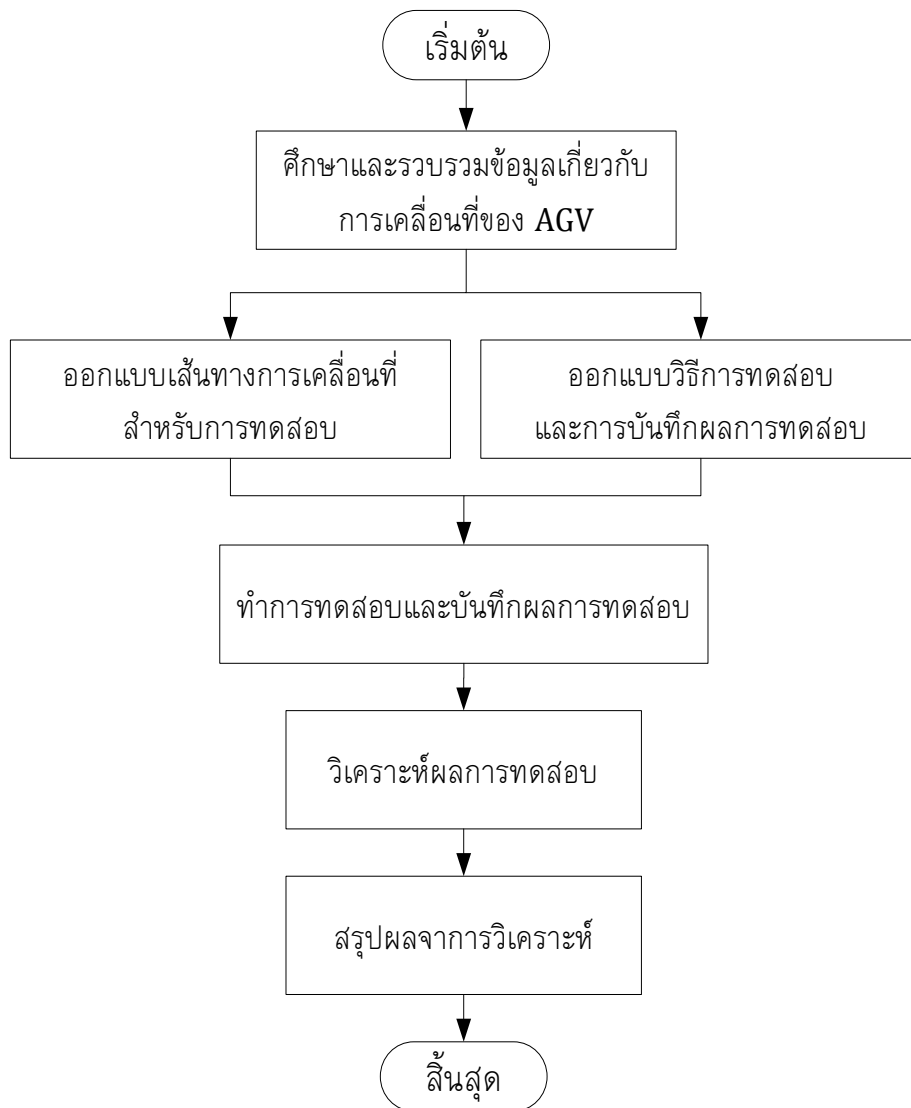
จากภาพที่ 3-23 คือ หน้าต่างโปรแกรม GUI สำหรับควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ที่ทำการออกแบบเสร็จสมบูรณ์ โดยรายละเอียดต่างๆ ได้อธิบายไว้ในหน้า 104 ถึงหน้า 105



ภาพที่ 3-24 ตัวอย่างโค้ดโปรแกรม LabVIEW
ควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-24 คือ ตัวอย่างโค้ดโปรแกรม LabVIEW ควบคุมการทำงานหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ โดยรายละเอียดต่างๆ ของโค้ดโปรแกรม ได้อธิบายไว้ ในหน้า 112 ถึงหน้า 114

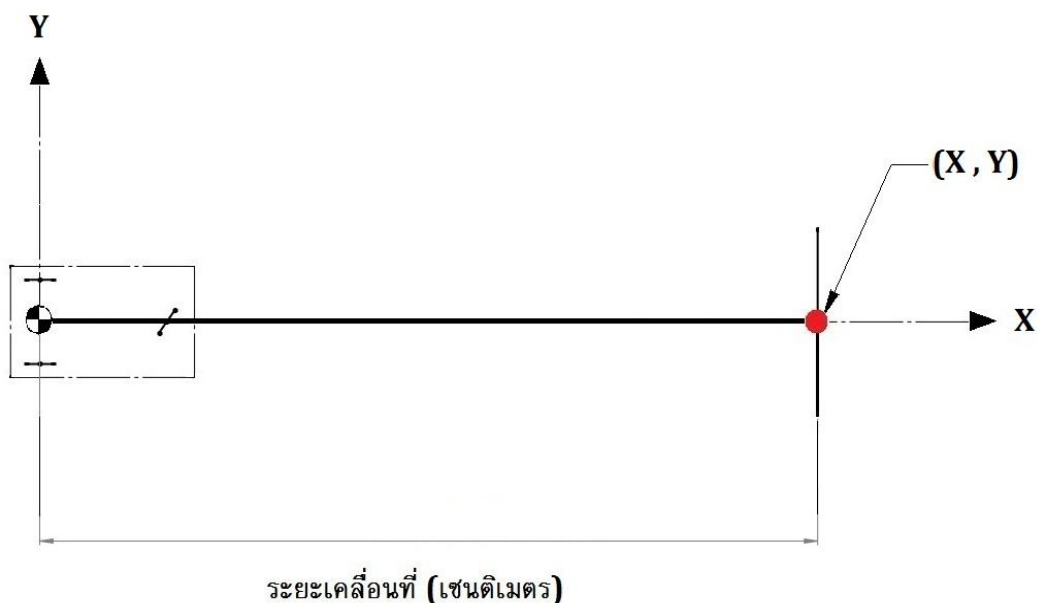
3.5 การออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ และวิธีการทดสอบ สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-25 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ และวิธีการทดสอบ สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-25 เป็นแผนภาพอธิบายขั้นตอนการออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ และวิธีการทดสอบ สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ เริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของ AGV เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการทดสอบ ขั้นตอนต่อมาทำการออกแบบวิธีการทดสอบ จัดทำตารางเก็บผลการทดสอบ จากนั้นทำการทดสอบจริง และขั้นตอนสุดท้าย นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ และสรุปผลจากการวิเคราะห์นั้น

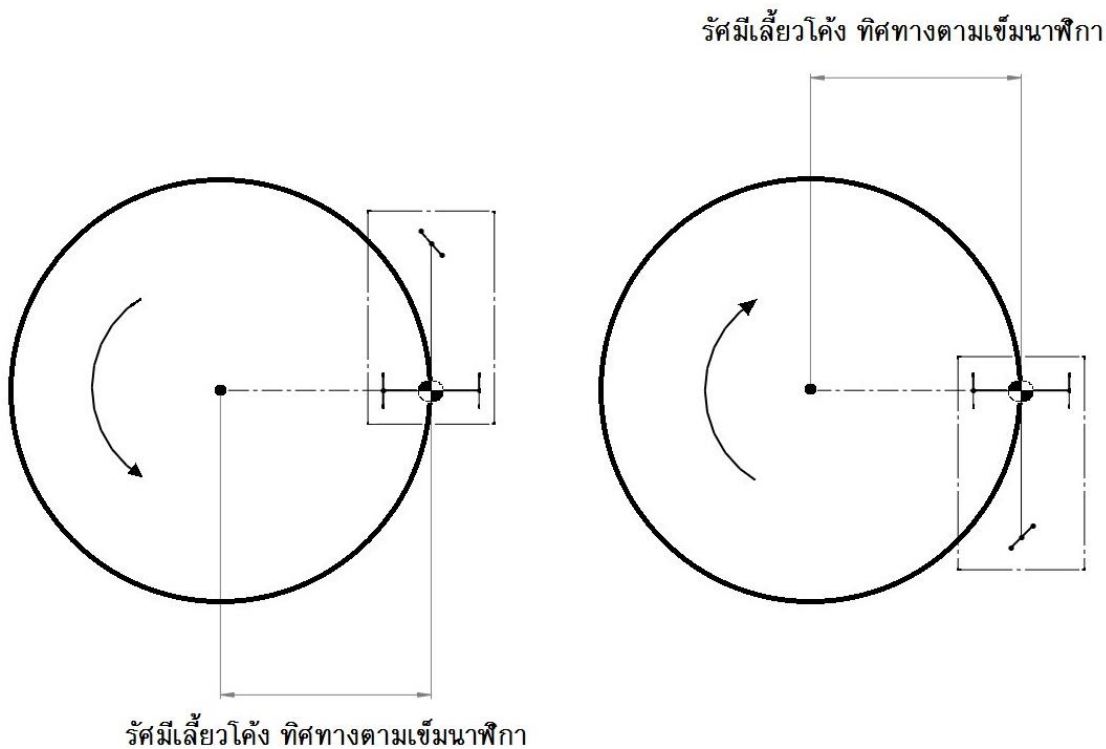
3.5.1 การทดสอบการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-26 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบทางตรง
ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-26 เป็นรูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ การทดสอบจะทำการกำหนดพิกัดตำแหน่ง (X, Y) โดยค่าตำแหน่ง X กำหนดให้เป็นระยะเคลื่อนที่แบบทางตรงของหุ่นยนต์ และค่าตำแหน่ง Y กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 โดยระยะเคลื่อนที่สำหรับการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 100 , 200 และ 300 เซนติเมตร ตามลำดับ การทดสอบจะมีการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดังนี้ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามลำดับ ส่วนการบรรทุกภาระโหลดของหุ่นยนต์มีดังนี้ ไม่มีการบรรทุกภาระโหลด , 25 และ 50 กิโลกรัม ตามลำดับ การทดสอบเริ่มต้นโดยนำหุ่นยนต์เข้าจุด ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ให้กับหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่ ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ หุ่นยนต์จะทำการวาดเส้นทางการเคลื่อนที่ลงบนพื้นของสนามทดสอบ โดยอาศัยปากกาไวท์บอร์ดที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งอ้างอิงของหุ่นยนต์หลังจากสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้ว จึงทำวัดค่าและบันทึกผลการทดสอบ การวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดสอบ ใช้การวัดค่าแบบพิกัดตำแหน่ง (X, Y) โดยวัด ณ ตำแหน่งสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

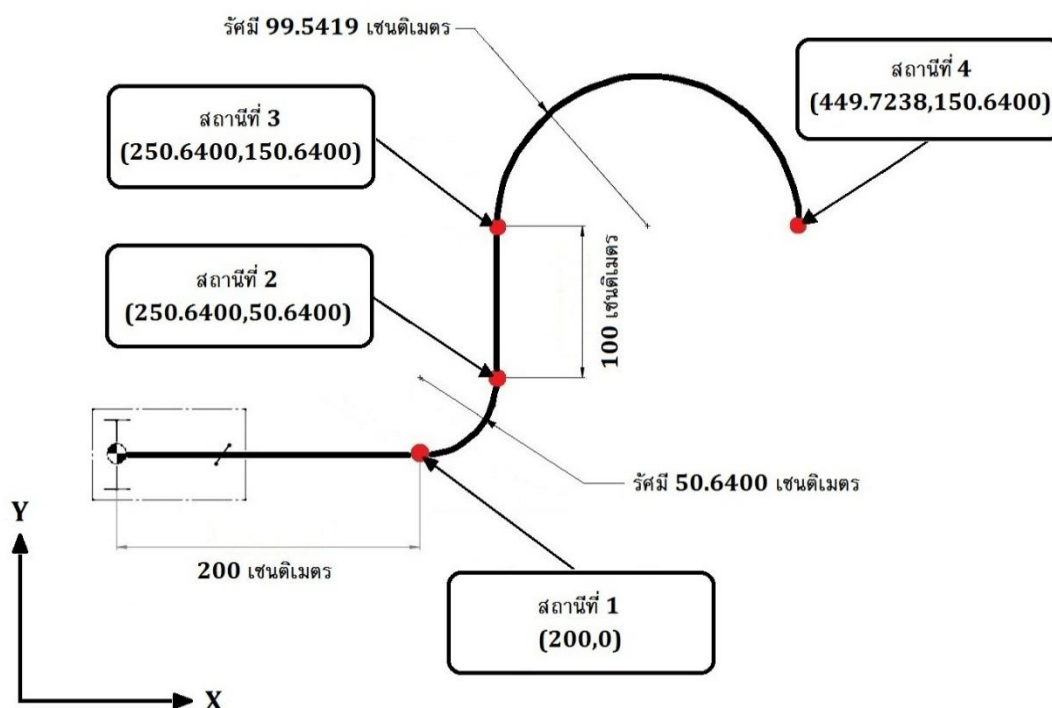
3.5.2 การทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-27 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง
ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-27 เป็นรูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวโค้ง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ การทดสอบจะแบ่งค่ารัศมีการเลี้ยวโค้ง สำหรับการทดสอบออกเป็น 3 รัศมี คือ 50.6400, 74.7440 และ 99.5419 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยจะทำการทดสอบทั้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา การทดสอบมีการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดังนี้ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามลำดับ ส่วนการบรรทุกภาระโหลดของหุ่นยนต์มีดังนี้ ไม่มีการบรรทุกภาระโหลด , 25 และ 50 กิโลกรัม ตามลำดับ การทดสอบเริ่มต้นโดย นำหุ่นยนต์เข้าจอด ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ให้กับหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่เป็นแบบวงกลม ขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ หุ่นยนต์จะทำการวาดเส้นทางการเคลื่อนที่ลงบนพื้นของสนามทดสอบ โดยอาศัยปากกาไวท์บอร์ดที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งอ้างอิงของหุ่นยนต์ หลังจากสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้ว จึงทำวัดค่าและบันทึกผลการทดสอบ การวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดสอบ ใช้การวัดระยะเส้นผ่าศูนย์กลางจากเส้นทางการเคลื่อนที่ ที่เป็นแบบวงกลมของหุ่นยนต์ โดยจะมีค่าเป็น 2 เท่า ของค่ารัศมีการเลี้ยวโค้ง

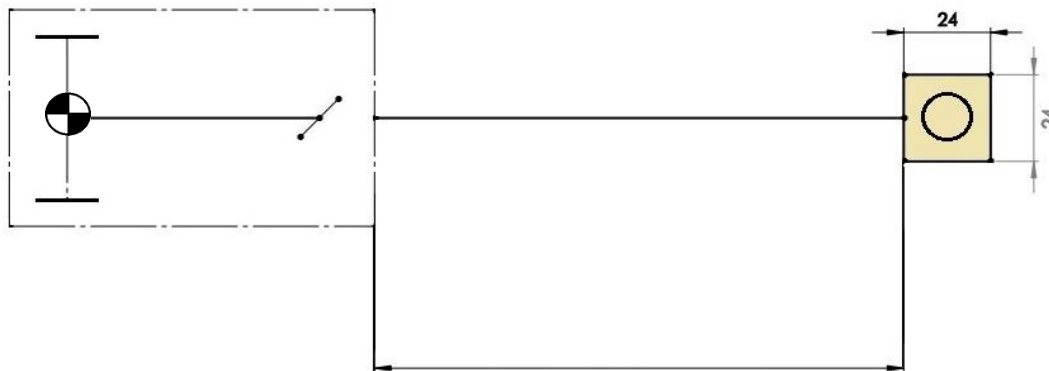
3.5.3 การทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



ภาพที่ 3-28 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-28 เป็นรูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่ตามเส้นทาง ที่มีสถานีจำลอง 4 สถานี ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ การทดสอบจะแบ่งสถานีจำลองออกเป็น 4 สถานี (ตามจุดสีแดงในภาพที่ 3-28) โดยมีพิกัดตำแหน่ง (X, Y) ดังต่อไปนี้ สถานีที่ 1 (200, 0) , สถานีที่ 2 (250.6400, 50.6400) , สถานีที่ 3 (250.6400, 150.6400) , สถานีที่ 4 (449.7238, 150.6400) การทดสอบมีการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์ดังนี้ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตร/วินาที ตามลำดับ ส่วนการบรรทุกภาระโหลดของ หุ่นยนต์มีดังนี้ ไม่มีการบรรทุกภาระโหลด , 25 และ 50 กิโลกรัม ตามลำดับ การทดสอบ เริ่มต้นโดย นำหุ่นยนต์เข้าจอด ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ ให้กับหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่ หุ่นยนต์จะทำการวาดเส้นทางการเคลื่อนที่ลงบนพื้นของสนามทดสอบ โดยอาศัย ปากกาไวท์บอร์ดที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งอ้างอิงของหุ่นยนต์ หลังจากสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์แล้ว จึงทำวัดค่าและบันทึกผลการทดสอบ การวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดสอบ ใช้การวัดค่าแบบพิกัดตำแหน่ง (X, Y) โดยวัดจากตำแหน่งที่ปรากฏอยู่ในแต่ละสถานี

3.5.4 การทดสอบระยะหยุดจอดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

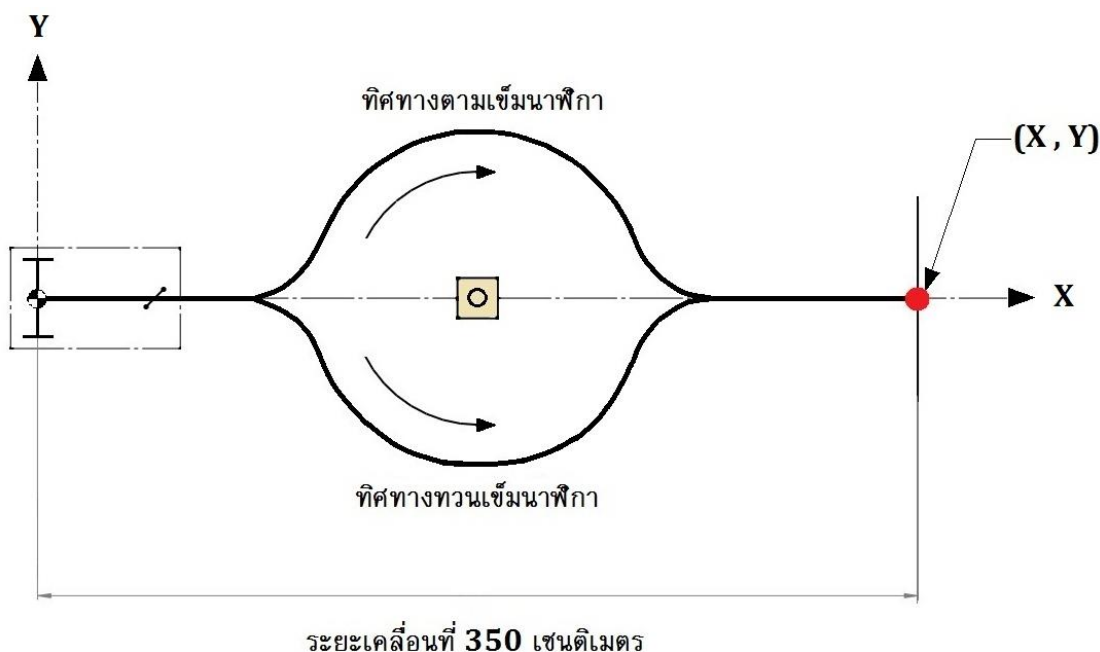


ระยะหยุดจอด 45 เซนติเมตร

ภาพที่ 3-29 รูปแบบการทดสอบระยะหยุดจอดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-29 เป็นรูปแบบการทดสอบระยะหยุดจอดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน ของระยะหยุดจอดที่ 45 เซนติเมตร ก่อนเริ่มการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยทางผู้จัดทำได้นำเซนเซอร์ตรวจจับระยะ แบบอัลตราโซนิกมาใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางจำลอง เมื่อตรวจพบสิ่งกีดขวางระบบควบคุมของหุ่นยนต์ จะสั่งการให้หยุดการเคลื่อนที่ทันที ทั้งนี้หุ่นยนต์จะยังเคลื่อนที่ไปต่อด้วยความเฉื่อย ดังนั้น ระบบควบคุมจึงถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถสั่งการให้หุ่นยนต์ เคลื่อนที่ถอยหลังกลับมายังตำแหน่งเดิมที่ 45 เซนติเมตร จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการเพิ่มการทดสอบนี้ โดยการทดสอบใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ เพียงความเร็วเดียว คือ 0.1 เมตร/วินาที เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ที่สูงกว่านี้ จะทำให้เกิดการชนกันระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวาง ส่วนการบรรทุกภาระโหลดของหุ่นยนต์มีดังนี้ ไม่มีการบรรทุกภาระโหลด , 25 และ 50 กิโลกรัม ตามลำดับ การทดสอบเริ่มต้นโดยนำหุ่นยนต์เข้าจอด ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ให้กับหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่ หลังจากสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วจึงทำวัดค่าและบันทึกผลการทดสอบ การวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดสอบ จะอาศัยการติดตั้งตัวชี้สเกลบริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์ บริเวณเดียวกันกับเซนเซอร์ตรวจจับระยะ แบบอัลตราโซนิก เพื่อเป็นการบอกระยะที่หุ่นยนต์สามารถทำการเคลื่อนที่ได้จริง

3.5.5 การทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ



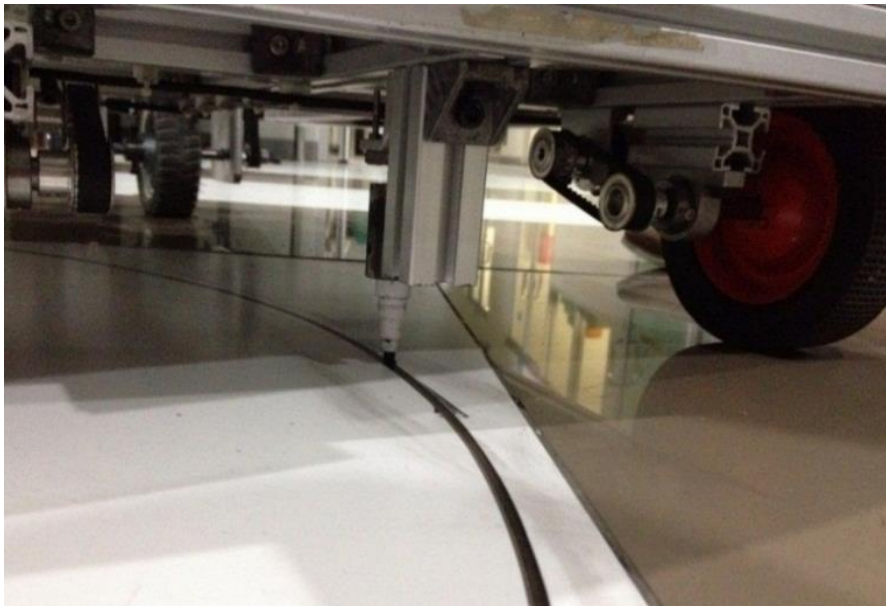
ภาพที่ 3-30 รูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-30 เป็นรูปแบบการทดสอบการเคลื่อนที่ เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในเส้นทางการเคลื่อนที่แบบทางตรง ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยการเลี้ยวทิศทางการเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา และการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยการเลี้ยวทิศทางการทวนเข็มนาฬิกา โดยจะกำหนดค่าพิกัดตำแหน่ง (X, Y) ที่ถูกต้อง เพื่อใช้ในการตรวจสอบ คือ $(350, 0)$ โดย ณ ที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่บ่งบอกได้ว่า หุ่นยนต์ได้เคลื่อนที่กลับเข้าสู่เส้นทางการเคลื่อนที่เดิมได้อย่างถูกต้อง การทดสอบใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ เพียงความเร็วเดียว คือ 0.1 เมตร/วินาที เนื่องจากความเร็วในการเคลื่อนที่ที่สูงกว่านี้ จะทำให้เกิดการชนกันระหว่างหุ่นยนต์กับสิ่งกีดขวาง ส่วนการบรรทุกภาระโหลดของหุ่นยนต์มีดังนี้ ไม่มีการบรรทุกภาระโหลด , 25 และ 50 กิโลกรัม ตามลำดับ การทดสอบเริ่มต้นโดย นำหุ่นยนต์เข้าจอด ณ จุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ จากนั้นป้อนโค้ดคำสั่งการเคลื่อนที่ให้กับหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่ ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่ หุ่นยนต์จะทำการวาดเส้นทางการเคลื่อนที่ลงบนพื้นของสนามทดสอบ โดยอาศัยปากกาไวท์บอร์ดที่ติดตั้งไว้ ณ ตำแหน่งอ้างอิงของหุ่นยนต์ หลังจากสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้ว จึงทำวัดค่าและบันทึกผลการทดสอบ การวัดค่าเพื่อบันทึกผลการทดสอบ ใช้การวัดค่าแบบพิกัดตำแหน่ง (X, Y) โดยวัด ณ ตำแหน่งสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



ภาพที่ 3-31 พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ

จากภาพที่ 3-31 คือ พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ขนาดความกว้าง 600 เซนติเมตร และ ขนาดความยาว 600 เซนติเมตร พื้นสนามเป็นพื้นปูกระเบื้อง



ภาพที่ 3-32 จุดติดตั้งปากกาไวท์บอร์ด ณ จุดอ้างอิงของหุ่นยนต์

จากภาพที่ 3-32 คือ จุดติดตั้งปากกาไวท์บอร์ด ณ จุดอ้างอิงของหุ่นยนต์ ใช้สำหรับ วาดเส้นทางที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ จุดอ้างอิงของหุ่นยนต์ จะอยู่บริเวณกึ่งกลางของ ล้อตามแบบอิสระ (ล้อหลังของหุ่นยนต์)



ภาพที่ 3-33 ภาชนะโหลดสำหรับการทดสอบ น้ำหนัก 25 กิโลกรัม กระบะที่ 1



ภาพที่ 3-34 ภาชนะโหลดสำหรับการทดสอบ น้ำหนัก 25 กิโลกรัม กระบะที่ 2

จากภาพที่ 3-33 และ ภาพที่ 3-34 คือ ภาชนะโหลดที่ใช้ในการทดสอบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ ภาชนะโหลดใช้หิน (ชนิดที่ใช้ผสมคอนกรีต) บรรจุลงในกระบะไม้ที่มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร และ ความยาว 60 เซนติเมตร ทั้งหมดจำนวน 2 กระบะ แต่ละกระบะมีน้ำหนักรวม 25 กิโลกรัม (น้ำหนักรวมกระบะไม้)



ภาพที่ 3-35 การบรรทุกภาระไหลدنน้ำหนัก 25 กิโลกรัม

ภาพที่ 3-35 เป็นการบรรทุกภาระไหลदनน้ำหนัก 25 กิโลกรัม (ภาระไหลदनจำนวน 1 กระบะ) ให้กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ โดยตำแหน่งของภาระไหลदन จะอยู่บริเวณ ศูนย์กึ่งกลางของพื้นที่บรรทุก



ภาพที่ 3-36 การบรรทุกภาระไหลदनน้ำหนัก 50 กิโลกรัม

ภาพที่ 3-36 เป็นการบรรทุกภาระไหลदनน้ำหนัก 50 กิโลกรัม (ภาระไหลदनจำนวน 2 กระบะ) ให้กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยล้อ แบบ 3 ล้อ โดยตำแหน่งของภาระไหลदन จะอยู่บริเวณ ศูนย์กึ่งกลางของพื้นที่บรรทุก



ภาพที่ 3-37 ลังกีดขวางจำลอง ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหลบหลีกลังกีดขวาง

ภาพที่ 3-37 คือ ลังกีดขวางจำลอง ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ เพื่อหลบหลีก ลังกีดขวาง ลังกีดขวางจำลองที่นำมาใช้ คือ ป้ายบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน มีขนาดความกว้าง 24 เซนติเมตร ขนาดความยาว 24 เซนติเมตร และขนาดความสูง 35 เซนติเมตร

