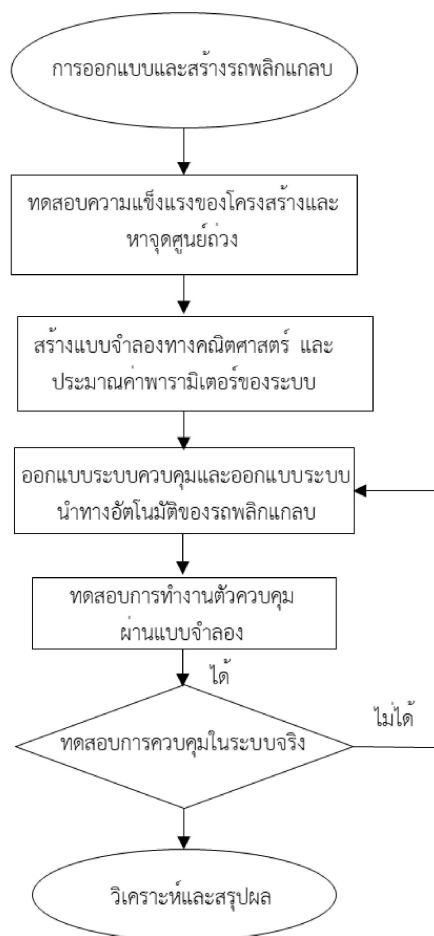


บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบและสร้างรถพลิกกลับนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่เพื่อลดก๊าซแอมโมเนีย และทดสอบสมรรถนะของรถพลิกกลับนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่ในโรงเลี้ยงไก่ รถพลิกกลับขับเคลื่อนแบบ Differential Drive โดยใช้การควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ Dc motor ติด encoder ในการขับเคลื่อนการทำงานและติดตั้งอุปกรณ์ต่อพ่วงแบบพรวนดินสำหรับการพลิกกลับและขั้นตอนดำเนินงานวิจัยแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 รถพลิกแกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่

หาขนาดมอเตอร์โดยแรงต้านทั้งหมดมีอยู่ 3 แรง 1. แรงต้านการหมุนของล้อ 2. แรงต้านอากาศหรือแรงฉุดอากาศ 3. แรงต้านทางขึ้น

1. แรงต้านการหมุนของล้อ

$$R_r = (K_r \times W) + T = (K_r \times M_t g) \quad (3.1)$$

เมื่อ R_r = แรงต้านการหมุนของล้อ หน่วยเป็น N

K_r = สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ = a/b

m_{car} = มวลของรถ หน่วย kg

M_t = มวลของรถรวมกับมวลของน้ำหนักที่บรรทุก หน่วย kg

m_{load} = มวลของน้ำหนักที่บรรทุก หน่วย kg

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หน่วย m/s^2

T = แรงต้านเนื่องจากการหมุนของล้อรถ หน่วย N

2. แรงต้านอากาศหรือแรงฉุดอากาศ

$$R_a = 0.5 \rho V^2 A C_D \quad (3.2)$$

เมื่อ R_a = แรงต้านอากาศหรือแรงฉุดอากาศ

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ หน่วยเป็น kg/m^3

V^2 = ความเร็วลมเมื่อวัตถุหยุดนิ่งหรือความเร็วของวัตถุเมื่อลมหยุดนิ่ง m/s

C_D = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ (*Drag Coefficient* : C_D)

A = พื้นที่หน้าตัดรถ หน่วยเป็น m^2

3. แรงต้านทางขึ้น

$$R_g = \frac{WG}{100} = (M_t g \times G) / 100 \quad (3.3)$$

เมื่อ $R_g =$ แรงต้านเนื่องจากความชัน หน่วย N

$G =$ ความชันในหน่วยเปอร์เซ็นต์ $= \tan \theta \times 100\%$

$M_t =$ มวลของรถรวมกับมวลของน้ำหนักที่บรรทุก หน่วย kg

$g =$ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หน่วย m/s^2

ได้แรงต้านทั้ง 3 แรงแนมาหาแรงต้านทั้งหมดมาหากำลังของมอเตอร์ขั้นต่ำที่เราต้องการโดยใช้สมการ

$$\text{กำลังมอเตอร์} \quad P_e = 100 FV / \eta_t \quad (3.4)$$

เมื่อ $P_e =$ กำลังของมอเตอร์ หน่วย วัตต์ (W)

$F =$ แรงต้านทั้งหมด หน่วย นิวตัน (N)

$V =$ ความเร็วของรถ หน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\eta_t =$ ประสิทธิภาพการถ่ายทอด (%)

อัตราทดเกียร์

$$N_1 G = N_2 Z \quad (3.5)$$

เมื่อ $N_1 =$ อัตราเร็วของเฟืองขับ หน่วย รอบต่อวินาที (rpm)

$N_2 =$ อัตราเร็วของเฟืองท้าย หน่วย รอบต่อวินาที (rpm)

$Z =$ อัตราทดเกียร์

$G =$ อัตราทดเกียร์

$$\text{การคำนวณหาทอร์กที่มอเตอร์ส่งให้ล้อ} \quad T_2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) T_1 \quad (3.6)$$

เมื่อ $T_2 =$ แรงบิดที่มอเตอร์ส่งให้ล้อ หน่วย นิวตันเมตร (Nm.)

$T_1 =$ แรงบิดของมอเตอร์ หน่วย นิวตันเมตร (Nm.)

การออกแบบแบตเตอรี่จะคิดจากพลังงานทั้งที่รถใช้พลังงานส่วนใหญ่จะมาจากมอเตอร์ โดยจะใช้จากสมการ 2.36 มาคูณกับเวลาเวลาทำงานซึ่งเป็นเวลา 20 นาที ต่อ 1 รอบการชาร์จมา คำนวณย้อนกลับไปขนาดของแบตเตอรี่

$$E_p = V_p I_p \quad (3.7)$$

เมื่อ E_p = พลังงานของแบตเตอรี่

V_p = แรงดันไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

I_p = กระแสไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

งานวิจัยนี้ออกแบบรถพลิกกลับทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่ โดยใช้อุปกรณ์ดังนี้

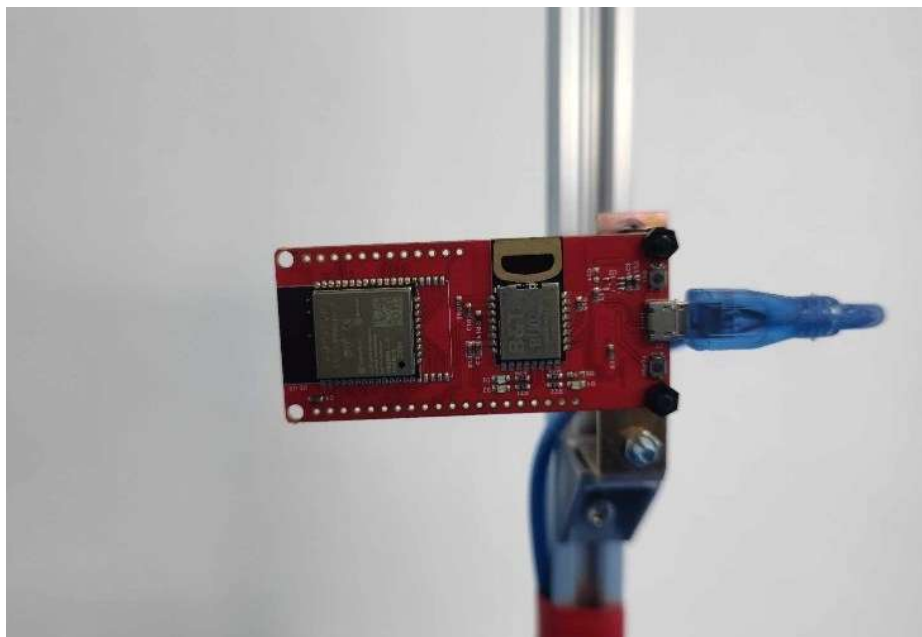
3.2.1 มอเตอร์กระแสตรงและเอนโค้ดเดอร์

เป็นมอเตอร์กระแสตรง 24 โวลต์ มีทอร์คที่ 9 นิวตันเมตร ใช้ในการขับเคลื่อนของรถโดยใช้ 2 ตัว ฟันซ้ายและฟันขวา



รูปที่ 3.2 มอเตอร์กระแสตรงและเอนโค้ดเดอร์บอร์ด ESP32 with Ultra-wideband

เป็นบอร์ด ESP32 ที่ติดตั้งโมดูล Ultra-wideband รุ่น DW1000 เป็นเซ็นเซอร์ในการใช้ระบุตำแหน่งของรถโดยหลักการความแรงของคลื่นสัญญาณ



รูปที่ 3.3 ESP32 UWB DW1000 (Ultra-Wideband)

3.2.2 เซนเซอร์อัลตราโซนิก

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุต่างๆ โดยอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นความถี่เสียงมาใช้ในการป้องกันการชนของรถพลิกกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่



รูปที่ 3.4 HC-SR04 Ultrasonic Sensor

3.2.3 แบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออน ฟอสเฟต (LFP)

ได้ทำการแพ็คแบตเตอรี่ระบบ 24 โวลต์ (v) มาใช้กับรถพลิคเกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่ โดยใช้แบตเตอรี่ลิเธียม-ไอออน ฟอสเฟต มาต่อออร์กรมทั้งหมด 8 ก้อน จึงทำให้แพ็คแบตเตอรี่เป็นระบบ 24 โวลต์ (v) และมีความจุที่ 15 แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah)



รูปที่ 3.5 แพ็คแบตเตอรี่ระบบ 24 โวลต์

3.3 การระบุตำแหน่งรถในโรงเลี้ยงไก่

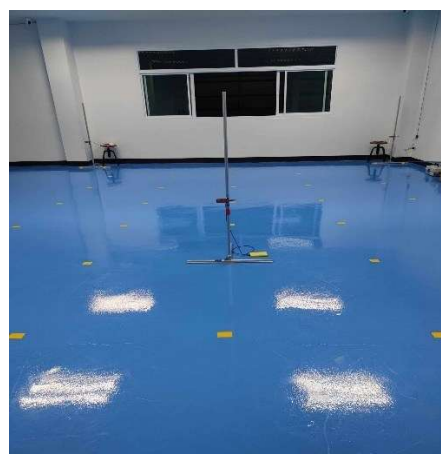
การระบุตำแหน่งใช้ ESP32 UWB DW1000 โดยหลักการ Received Signal Strength Indicator (RSSI) จะได้ค่าความแรงสัญญาณระหว่างตัวรับและตัวส่งจะนำมาแปลงเป็นระยะจากสมการ

$$\text{Distance} = 10^{\left(\frac{\text{MeasuredPower} - \text{RSSI}}{10 \times n} \right)} \quad (3.8)$$

จากได้ระยะทางของระหว่างตัวรับและตัวส่งโดยจะเอาระยะทางที่ได้จากตัวส่งและตำแหน่งของตัวส่งมาคำนวณหาสมการเพื่อหาตำแหน่งของตัวรับโดยใช้หลักการ Trilateration การใช้เรขาคณิตของรูปสามเหลี่ยมเพื่อหาตำแหน่งเป็นแนวทางหนึ่งในการกำหนดจุดเป้าหมายบนระบบพิกัดคาร์ทีเซียนสองมิติ (แกน x และแกน y) โดยต้องอ้างอิงตำแหน่งอย่างน้อยสามจุดเป็นหลัก



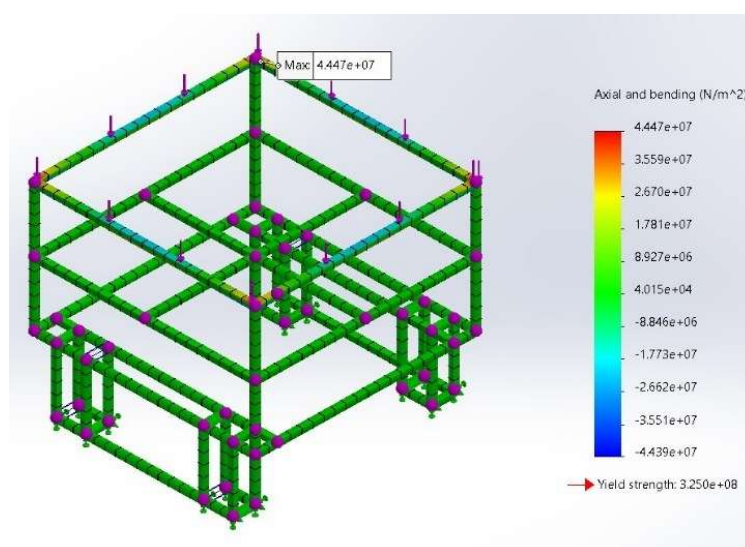
รูปที่ 3.6 พื้นที่จำลองหาตำแหน่งรถ



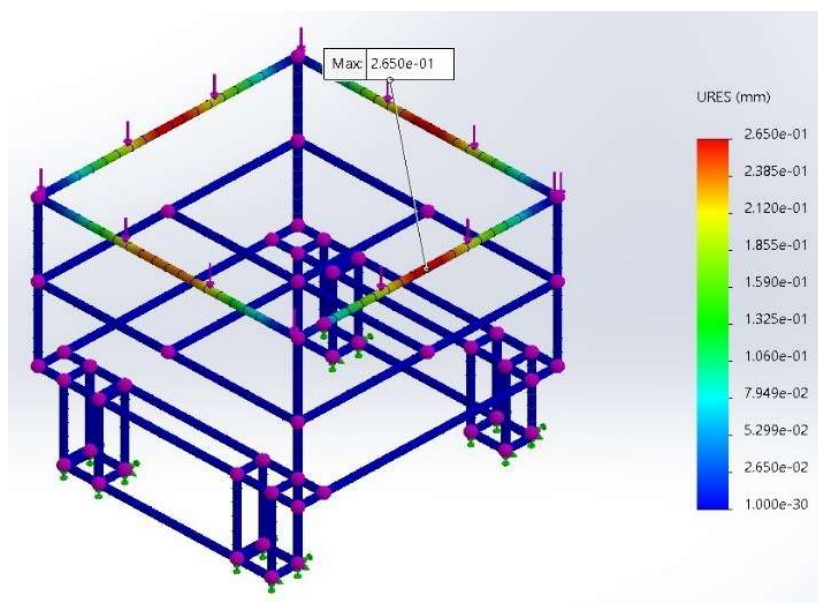
รูปที่ 3.7 การทดสอบหาตำแหน่งรถ

3.4 ทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างและหาจุดศูนย์ถ่วง

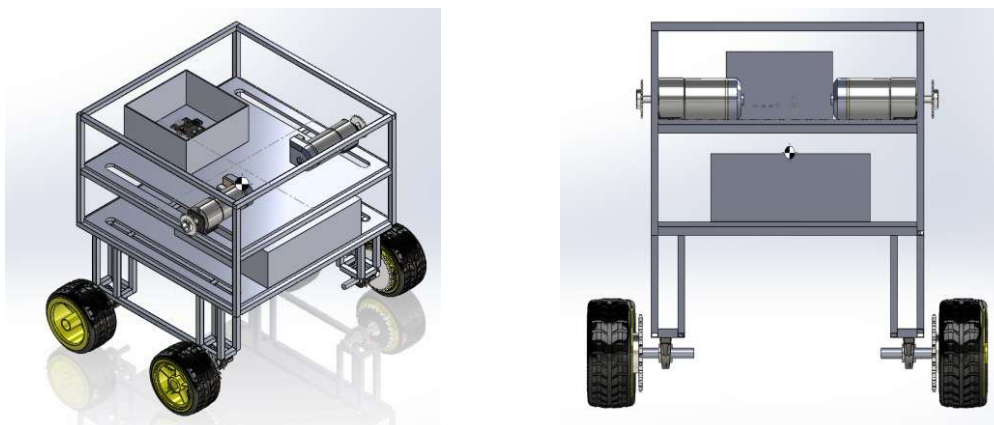
ทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างและหาจุดศูนย์ถ่วงโดยจะใช้โปรแกรม SOLIDWORK 2022 วัสดุที่ใช้เป็น AISI 1015 Steel โดยใส่แรงกระทำต่อตัวรถ 60 กิโลกรัม เพื่อดูว่าโครงสร้างของรถสามารถรับน้ำหนักของภาระโหลดได้หรือว่ามีการเสียรูปและมีระยะยุบเป็นเท่าไร ค่าที่ได้ออกมา Yield strength ที่โครงสร้างของรถรับได้อยู่ที่ 325 Mpa ซึ่งที่โหลด 60 กิโลกรัม สร้างภาระโหลดที่ 44.47 Mpa ทำให้ตัวโครงสร้างไม่เกิดการเสียรูป ดังรูปที่ 3.8 และระยะยุบที่เกิดขึ้นเป็น 0.265 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.9 และจุดศูนย์ถ่วง ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.8 แบบจำลองโครงสร้าง Yield strength



รูปที่ 3.9 แบบจำลองโครงสร้างของระยะยุบ



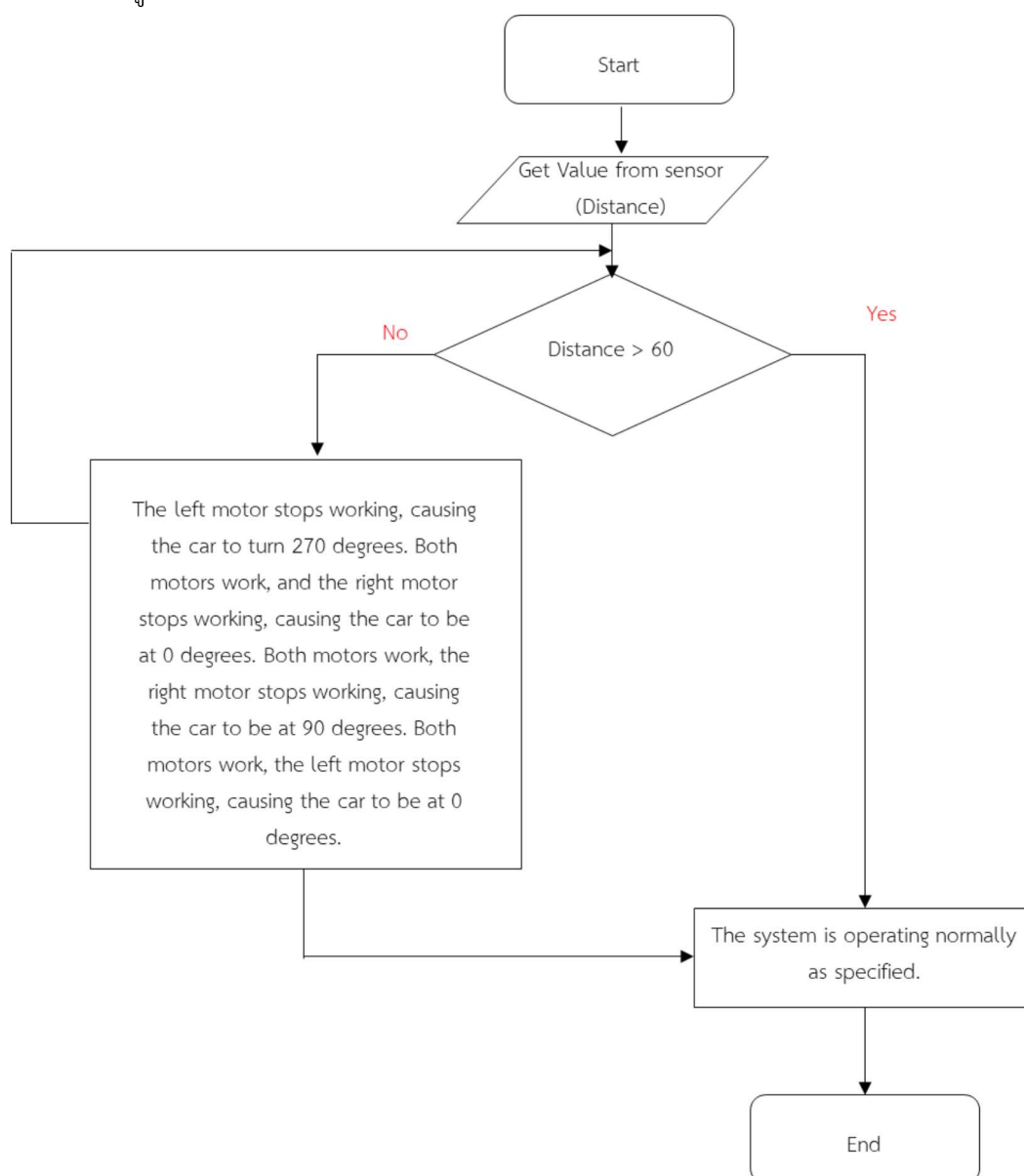
รูปที่ 3.10 จุดศูนย์ถ่วง

3.5 การออกแบบระบบรถพลิกกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่

สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางและระบบตรวจสอบแบตเตอรี่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะให้รถกลับไปยังพื้นที่ที่กำหนดไว้

3.5.1 ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

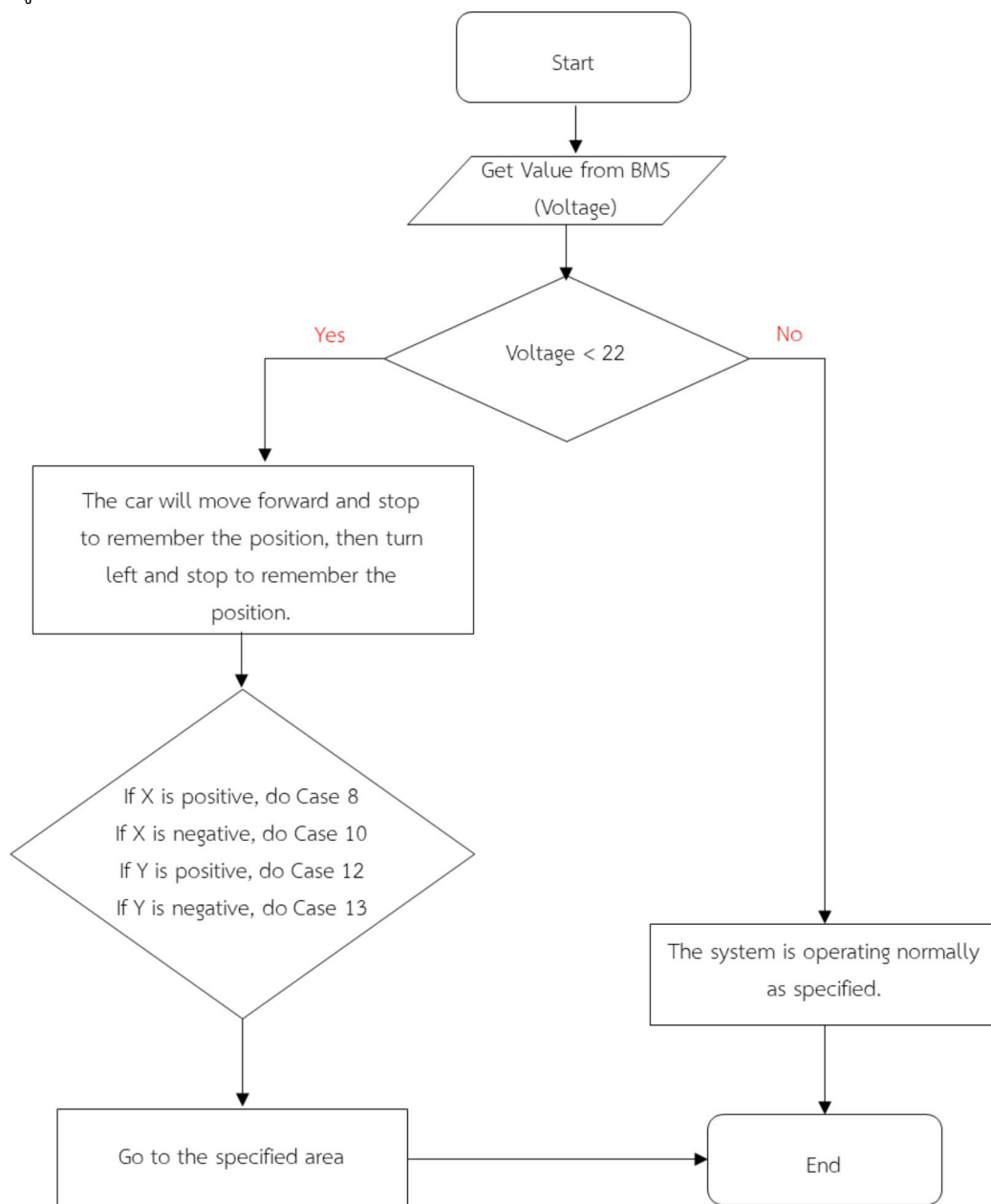
โดยจะใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจจับในระยะ 60 เซนติเมตร โดยหลักการทำงานจะเป็นรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนผังระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง

3.5.2 ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่

โดยจะรับค่ามาจาก Battery Management System (BMS) โดยจะส่งแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ถ้าต่ำกว่าค่าที่กำหนดรถต้องเคลื่อนที่ไปในพื้นที่ที่กำหนดไว้ โดยหลักการทำงานจะเป็นรูปที่ 3.12



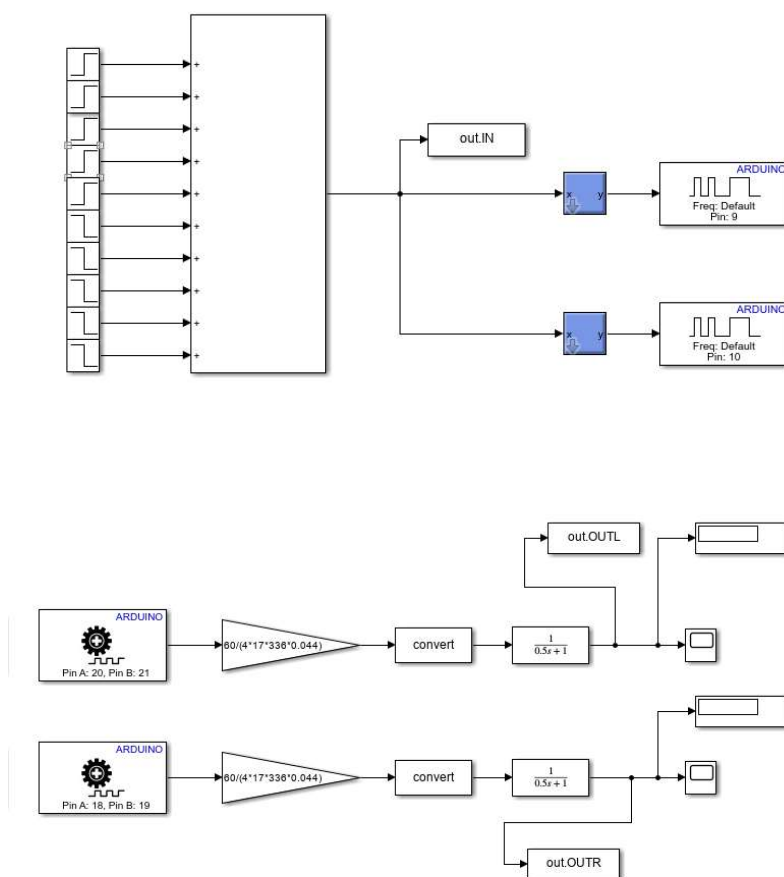
รูปที่ 3.12 แผนผังระบบตรวจสอบแบตเตอรี่

3.6 ออกแบบระบบควบคุม PI

ในการออกแบบระบบควบคุมโดยใช้ PI ควบคุมมอเตอร์ทั้ง 2 ให้อยู่ในความเร็วรอบที่ต้องการ เริ่มจากเก็บข้อมูลค่า Volt (Input) กับค่า Speed (Output) เพื่อทำการ System Identification เพื่อหา Transfer Function

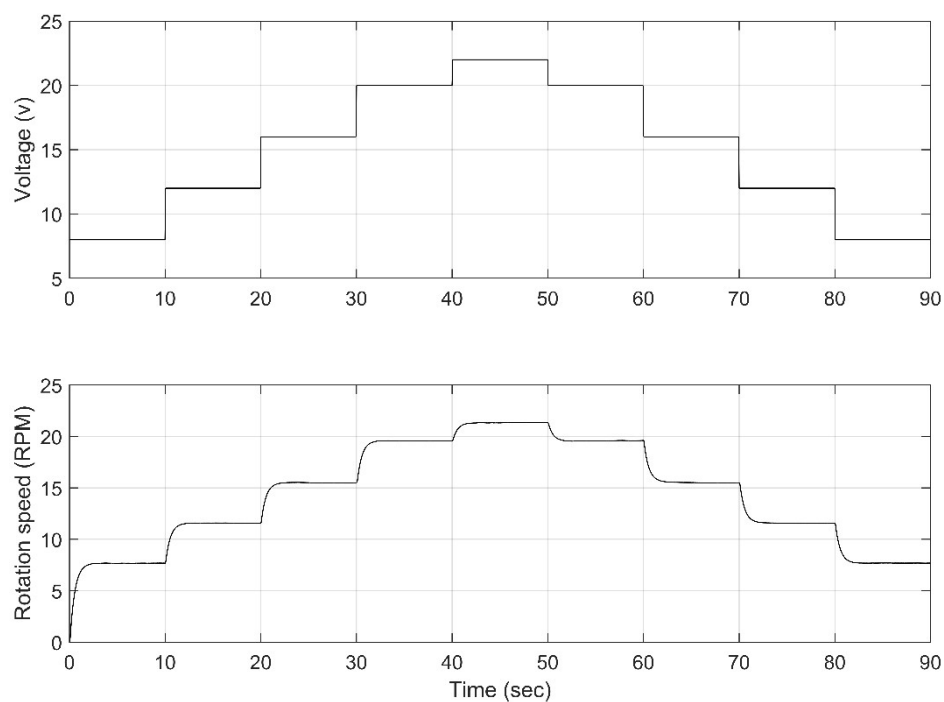
3.6.1 วิธีการทำSystem Identification

สร้างบล็อกไดอะแกรม ในโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล อินพุตและเอาต์พุตอย่างเป็นระบบเริ่มจากการเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (Volt) ซึ่งใช้เป็นสัญญาณ อินพุต (Input) และ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (Speed) ซึ่งเป็น เอาต์พุต (Output) ของระบบทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ DC โดยเปลี่ยนค่าในช่วง 8 ถึง 22 โวลต์วัดและบันทึกความเร็วรอบที่ได้จากมอเตอร์ดังรูปที่ 3.13



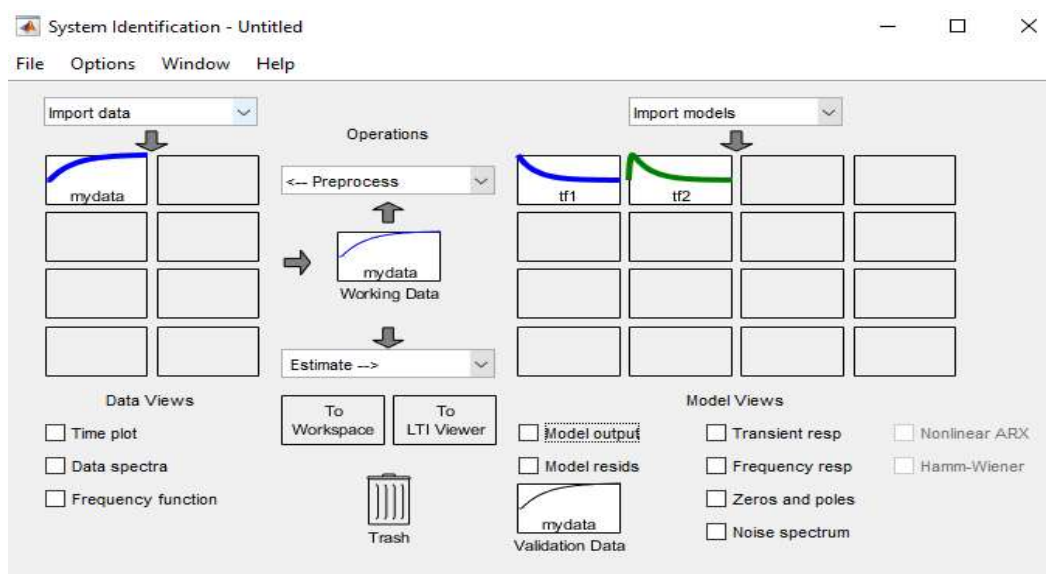
รูปที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลใน Simulink

นำข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตที่ได้มากรอกลงใน System Identification Toolbox ของ MATLAB เพื่อทำการวิเคราะห์และจำลองระบบแสดงดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



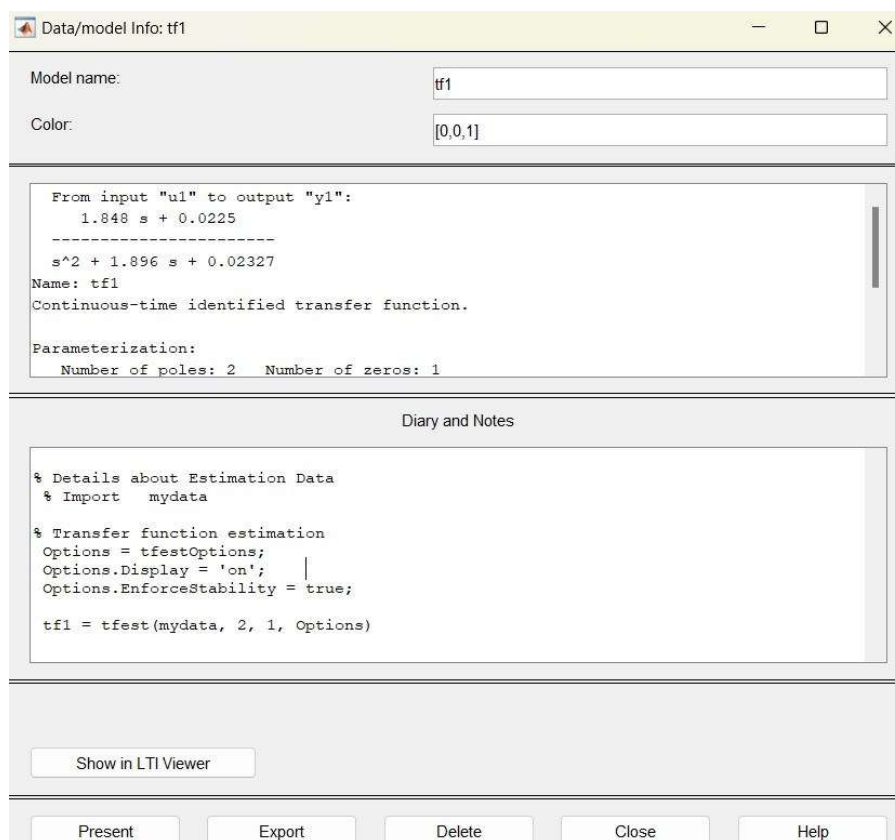
รูปที่ 3.14 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของระบบสำหรับทำแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

จากที่ได้สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของระบบจะมาทำ System Identification เพื่อ แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของระบบ



รูปที่ 3.15 System Identification

ได้เลือก Pole 2 , Zero 1 ในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 3.16 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการทำ System Identification

$$\frac{1.848s + 0.0225}{s^2 + 1.896s + 0.02327}$$

เมื่อได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ทำการหาระบบควบคุมโดยใช้ PI ที่เหมาะสมกับระบบโดยดูค่า overshoot, settling time ในการตอบสนองที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง

3.7 สรุป

การดำเนินงานวิจัยในการออกแบบรถพลิกแกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่ ระบบขับเคลื่อนของรถใช้แบบ Differential Drive ซึ่งควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 24 โวลต์ ที่มีแรงบิด 9 นิวตันเมตร พร้อมติดตั้งอุปกรณ์พรวนดิน และเซนเซอร์ที่จำเป็นต่อการนำทางและหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง การคำนวณกำลังที่จำเป็นสำหรับมอเตอร์พิจารณาจากแรงต้านหลัก 3 ประเภท ได้แก่ แรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านจากทางลาดชัน โดยนำผลรวมของแรงต้านทั้งหมดมาคำนวณหาลำดับขั้นต่ำที่มอเตอร์ต้องการ รวมถึงแรงบิด อัตราทดเกียร์ และขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสม ซึ่งเลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต (LFP) ขนาด 24 โวลต์ ความจุ 15 แอมแปร์-ชั่วโมง ระบบนำทางของรถใช้บอร์ด ESP32 ที่ติดตั้งโมดูล Ultra-wideband (UWB) รุ่น DW1000 ซึ่งใช้หลักการ Received Signal Strength Indicator (RSSI) ในการคำนวณระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับสัญญาณ จากนั้นใช้เทคนิค Trilateration เพื่อคำนวณหาพิกัดตำแหน่งของรถในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนแบบสองมิติ การทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างรถดำเนินการผ่านโปรแกรม SolidWorks 2022 โดยใช้วัสดุ AISI 1015 Steel และโหลดทดสอบขนาด 60 กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์แสดงว่าโครงสร้างสามารถรับแรงได้อย่างปลอดภัย โดยมีค่า Yield Strength เท่ากับ 325 MPa และค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 44.47 MPa โดยมีการยุบตัวสูงสุดเพียง 0.265 มิลลิเมตร พร้อมทั้งได้ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง ระบบการทำงานของรถแบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่ ระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกที่สามารถตรวจจับวัตถุในระยะไม่เกิน 60 เซนติเมตร และระบบตรวจสอบสถานะแบตเตอรี่ผ่าน Battery Management System (BMS) ซึ่งจะส่งสัญญาณให้รถกลับไปยังจุดที่กำหนดหากแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ สำหรับระบบควบคุมมอเตอร์ มีการพัฒนาโดยใช้ตัวควบคุม PI (Proportional-Integral) โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (อินพุต) และความเร็วรอบของมอเตอร์ (เอาต์พุต) เพื่อดำเนินการ System Identification และสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ของระบบในรูปแบบ Transfer Function ผ่านซอฟต์แวร์ MATLAB/Simulink ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ โดยแบ่งขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาค้นคว้าความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยจาก วารสาร หนังสือ และเอกสารต่างๆที่เชื่อถือได้ ได้แก่ ทฤษฎีการคำนวณหาลำดับมอเตอร์ ทฤษฎีการเลี้ยงของรถ ผลเสียของก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในโรงเลี้ยง ทฤษฎีการควบคุม

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาโครงสร้างและออกแบบและสร้างรถพลิกแกลบนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่และแบบจำลองโครงสร้าง

ขั้นตอนที่ 3 สร้างรถพลิกแกลบนำทางแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการสอบเทียบ sensor ใช้ในการทำงาน

ขั้นตอนที่ 5 นำพารามิเตอร์ต่างๆมาทำการหาเอกลักษณ์ หรือ Math Model

ขั้นตอนที่ 6 ทำการออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 7 ทำการทดลองเพื่อการรับส่งข้อมูลและการควบคุมรถ

ขั้นตอนที่ 8 ออกแบบการทดลองเพื่อเก็บผลจากรถพลิกกลับนำทางแบบอัตโนมัติสำหรับใช้งานในโรงเลี้ยงไก่

ขั้นตอนที่ 9 วิเคราะห์และสรุปผล