

รถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ IoT

Electric Lawn Mower Control by Smartphone with IoT System

บุญยวีร์ เอื้อเฟื้อ กันตินันท์ ธัญลักษณ์เดโช จิรัฐญา แสนน้อย ธวัชชัย ทองเหลียม* และ สัญญา ควรคิด

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
* ผู้รับผิดชอบบทความ
thawatchait@webmail.npru.ac.th

Received: 7 May 2025
Revised: 12 Mar 2026
Accepted: 17 Mar 2026

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอรถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ IoT (Internet of Things : IoT) และควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอช่วยแก้ไขปัญหาภาวะจากการใช้เครื่องตัดหญ้าแบบน้ำมัน และลดอันตรายที่จะเกิดกับผู้ตัดขณะทำการตัดหญ้า รถตัดหญ้าไฟฟ้าติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเกียร์ไว้ด้านหลังของรถสำหรับขับเคลื่อนล้อรถ และมีการติดตั้งล้อรถแบบหมุนตัวไว้ที่ด้านหน้า รถตัดหญ้าไฟฟ้าใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับตัดหญ้า สมาร์ทโฟนถูกติดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk และถูกออกแบบหน้าแอปพลิเคชันเพื่อใช้สั่งงานรถตัดหญ้าไฟฟ้าผ่านระบบ IoT ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อระบบ IoT ผ่านพ็อกเก็ต WiFi เพื่อรับคำสั่งจากสมาร์ทโฟน ESP32 ควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา และสั่งงานมอเตอร์ตัดหญ้า กรณีพื้นที่ตัดหญ้าไม่มีสัญญาณ WiFi ESP32 สามารถเชื่อมต่อตัวรับสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อรับคำสั่งจากรีโมทคอนโทรล งานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่ลิเทียมแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 24 V และกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 30 Ahr เป็นแหล่งจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์และมอเตอร์ไฟฟ้า ผลการทดลองแสดงรถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 0.526–2.083 m/s รถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และถูกควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลสามารถตัดหญ้าอ่อนมีความสูงประมาณ 40 cm ในพื้นที่ 22.26-22.90 m² และพื้นที่มีความลาดเอียง 14 องศา ได้ รถตัดหญ้าไฟฟ้ามีการบริโภคกำลังไฟฟ้าประมาณเท่ากับ 376.8 W และสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ประมาณ 2 ชั่วโมง

คำสำคัญ: รถตัดหญ้าไฟฟ้า อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (IoT) แอปพลิเคชัน Blynk ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และรีโมทคอนโทรล

Abstract

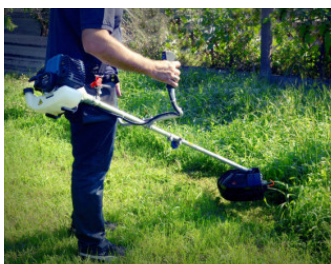
This paper presented the electric lawn mower controlled by the smartphone with the Internet of Things (IoT) and remote control. The electric lawn mower helps to solve the pollution problem from using gasoline lawn mowers and solve the problem of grass cutters being in danger while cutting grass. The electric lawn mower features a geared DC motor mounted at the rear to drive the rear wheels, with caster wheels installed at the front. The electric lawn mower employs a DC electric motor for the grass-cutting blade. The Blynk application is installed on the smartphone and has designed the application page to operate the electric lawn mower with the IoT system. The NodeMCU ESP32 is connected to the IoT system via pocket Wi-Fi to receive commands from the smartphone. ESP32 controls the electric lawn mower to move forward, backward, turn left, and turn right and operates the motor-cutting.

When there is no Wi-Fi signal in the grass-cutting area, the ESP32 can connect to a radio wave receiver to receive commands from the remote control. A lithium battery with a voltage of 24 V and an Ampere-hour of 30 Ah is used to supply the electronic circuits and the electric motor. The experimental results show that the electric lawn mower can move at a speed of approximately 0.526-2.083 m/s. The electric lawn mower is controlled through the Blynk application and the remote control. It can cut soft grass with a height of approximately 40 cm in an area of 22.26-22.90 m² and the ground has a slope of 14 degrees. The electric lawn mower has a power consumption of approximately 376.8 W and can run about 2 hours on battery.

Keywords: Electric lawn mower, Internet of Things (IoT), Blynk application, ESP32, and remote control.

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้เครื่องตัดหญ้าจำนวนมาก เครื่องตัดหญ้าถูกใช้ตัดหญ้าในสวนเกษตร สนามหญ้าในบ้าน หญ้าข้างทาง และพื้นที่อื่น ๆ รูปที่ 1 (ก) แสดงเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า [1] เครื่องตัดหญ้าแบบนี้มีน้ำหนักมาก หากใช้ในเวลานานจะทำให้ผู้ใช้ปวดไหล่และปวดหลังได้ รูปที่ 2 (ข) แสดงรถตัดหญ้าแบบเดินตามซึ่งช่วยแก้ปัญหาเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่าได้ [2] แต่เครื่องตัดหญ้าทั้ง 2 แบบ ใช้น้ำมัน ซึ่งส่งผลต่ออากาศและผู้ใช้งานหายใจรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าร่างกาย เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้าแบบสะพายบ่าดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) [2] สามารถแก้ปัญหาหมอกภาวะทางอากาศอันเกิดจากเครื่องตัดหญ้าที่ใช้น้ำมันได้ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาปวดบ่าและปวดหลังของผู้ใช้งานได้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 1 (ก) เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า (ข) รถตัดหญ้าเดินตาม และ (ค) เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

N. M. A. Paala และคณะ [3] นำเสนอรถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมด้วยสมาร์ตโฟนระบบแอนดรอยด์ที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน ENIRO สมาร์ตโฟนสามารถควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าได้ 2 วิธี วิธีแรก สมาร์ตโฟนจะส่งคำสั่งผ่านสัญญาณบลูทูธไปที่มอดูลบลูทูธ ซึ่งเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปที่วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ทำการขับเคลื่อนล้อรถและควบคุมมอเตอร์ตัดหญ้า วิธีที่ 2 สมาร์ตโฟนจะส่งคำสั่งผ่านสัญญาณ WiFi ไปที่มอดูล WiFi มอดูล WiFi จะส่งสัญญาณไปที่วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ทำการขับเคลื่อนล้อรถ และควบคุมมอเตอร์ตัดหญ้าให้ทำงานหรือหยุดทำงาน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้แรงดันไฟฟ้า 24 V และกระแสไฟฟ้า 7 A รถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกออกแบบให้มีโครงสร้างเพื่อตัดหญ้ามีความสูงไม่มาก

หุ่นยนต์ตัดหญ้าอัตโนมัติและสามารถควบคุมการทำงานด้วยสมาร์ตโฟนถูกนำเสนอโดย B. Siregar และคณะ [4] หุ่นยนต์ตัดหญ้าที่นำเสนอได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (ATmega 8) และมอดูลบลูทูธ สมาร์ตโฟนสื่อสารกับมอดูลบลูทูธเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ตัดหญ้า หุ่นยนต์ได้ติดตั้งอัลตราโซนิกเพื่อตรวจจับระยะสิ่งกีดขวางและใช้รีเลย์เป็นสวิตช์เปิด/ปิดกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดเรื่องการสื่อสารบลูทูธ

เนื่องจากผู้ควบคุมไม่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ผ่านการสื่อสารมอดูลบลูทูธในระยะไกลได้ และรีเลย์มีอายุการใช้งานสั้น

งานวิจัย [5] นี้ใช้จอยสติ๊กควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยการสื่อสารกับ Arduino Mega 2560 REV3 ผ่านบลูทูธมอดูล Arduino เชื่อมต่อวงจรขับมอเตอร์ อัลตราโซนิกมอดูลถูกนำมาใช้ตรวจวัดวัตถุด้านหน้าเพื่อป้องกันอันตราย งานวิจัย [6] นี้สามารถโทรนัดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk และสื่อสารกับมอดูลบลูทูธ มอดูลบลูทูธเชื่อมต่อกับ Arduino UNO ซึ่ง Arduino ทำการควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าตามคำสั่งที่ได้รับจากสมาร์ทโฟน โซลาร์เซลล์ถูกนำมาใช้ชาร์จแบตเตอรี่เพื่อให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถทำงานได้นานมากขึ้น การสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนและมอดูลบลูทูธมีข้อจำกัดเรื่องระยะห่างการสื่อสาร

งานวิจัย [7-8] นำเสนอรถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ IoT งานวิจัย [7] ใช้ Arduino Mega 2560 เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ ควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนรถ และควบคุมมอเตอร์ตัดหญ้า งานวิจัยที่นำเสนอใช้ ESP8266 เชื่อมต่อ WiFi เพื่อรับคำสั่งจากระบบคลาวด์ของ IBM และเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว งานวิจัย [8] นี้เสนอการใช้กล้อง ESP32 ถ่ายภาพวิดีโอเส้นทางรถตัดหญ้าแล้วส่งไปให้ระบบสมาร์ตโฮมผ่านระบบ IoT สมาร์ทโฟนถูกติดตั้งแอปแล้วส่งงาน PIC16f877A ผ่านการสื่อสารบลูทูธ ซึ่ง PIC16f877A ถูกนำมาใช้ควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ตัดหญ้าไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้นำโซลาร์เซลล์มาชาร์จแบตเตอรี่เพื่อให้หุ่นยนต์ตัดหญ้าทำงานได้นานมากขึ้น แต่การส่งงานผ่าน PIC16f877A การสื่อสารบลูทูธจะทำให้ระบบใช้พลังงานมาก

งานวิจัย [9] นำเสนอการนำข้อมูลจากระบบ GPS และเซนเซอร์ Inertial Measurement unit (IMU) ซึ่งเป็นเซนเซอร์หน้าที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวและทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวรถมาทำให้โปรแกรมสำเร็จรูป ArduPilot ประเมินค่าให้หุ่นยนต์ตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ครอบคลุมพื้นที่สนามหญ้า หุ่นยนต์ตัดหญ้าสามารถทำงานด้วยการถูกควบคุมด้วยรีโมทผ่านสัญญาณความถี่วิทยุ และสามารถทำงานแบบอัตโนมัติด้วยระบบ GPS รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถปรับความสูงของมอเตอร์ตัดหญ้า และสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ตัดหญ้าไฟฟ้าได้ บอร์ด NCU ประกอบด้วย Raspberry Pi 3 Model B สำหรับประมวลผล โปรแกรม ArduPilot และ Navio2 Autopilot Raspberry Pi HAT ซึ่ง Navio2 จะประกอบด้วยเซนเซอร์นำทาง (navigation sensors)

บารอมิเตอร์แบบมีความละเอียดสูง แอคเซลเลอโรมิเตอร์ 2 แกน มิเตอร์วัดสนามแม่เหล็ก และไจโรสโคป นอกจากนี้ โปรแกรม ArduPilot จะใช้แผนที่ภาคพื้นดินมาประกอบการประมวลผล

งานวิจัย [10] นำเสนอการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ตัดหญ้าแบบอัตโนมัติด้วยการนำรถดินตะขาบ KATR-5 ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ TMS320F2808 ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังใช้ Raspberry Pi รับคำสั่งจากสมาร์ทโฟนและส่งภาพเคลื่อนไหวจากกล้องเว็บแคมไปให้สมาร์ทโฟน และ TMS320F2808 เพื่อตัดหญ้าและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง งานวิจัยนี้มิเซนเซอร์ตรวจจับร่างกายมนุษย์ที่เข้ามาเพื่อป้องกันอันตราย การใช้แบตเตอรี่ 33 V และ 12 V จะทำให้รถตัดหญารับน้ำหนักมากขึ้น และการบริโภคกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น งานวิจัย [11] นำเสนอการใช้สมาร์ทโฟนควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าผ่านระบบ IoT งานวิจัยนี้ออกแบบให้ใช้ Raspberry Pi เป็นตัวควบคุมหลักการขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าและการตัดหญ้า Raspberry Pi รับคำสั่งจากสมาร์ทโฟนและส่งภาพเคลื่อนไหวจากกล้องเว็บแคมไปที่หน้าจอสมาร์ทโฟนผ่านทางสัญญาณ WiFi Arduino UNO ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่จากโซลาร์เซลล์ การนำโซลาร์เซลล์มาจ่ายแรงดันให้กับแบตเตอรี่เพื่อให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถทำงานได้นานมากขึ้น งานวิจัยนี้ใช้วงจรขับมอเตอร์แบบเฮชบริดจ์ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรเฮชบริดจ์มีขนาดใหญ่ และใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนมาก วงจรมีขนาดใหญ่และมีการบริโภคกำลังไฟฟ้ามาก

บทความนี้เสนอรถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอถูกออกแบบให้เชื่อมต่อกับระบบ IoT เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมด้วยสมาร์ทโฟน สมาร์ทโฟนถูกติดตั้งแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าให้เคลื่อนที่ตามที่ต้องการ และควบคุมมอเตอร์ตัดหญ้าได้ งานวิจัยนี้สามารถลดปัญหามลพิษทางอากาศ ลดความปวดเมื่อยจากการใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสพายบ่า และลดอุบัติเหตุที่จะเกิดกับผู้ตัดหญ้า

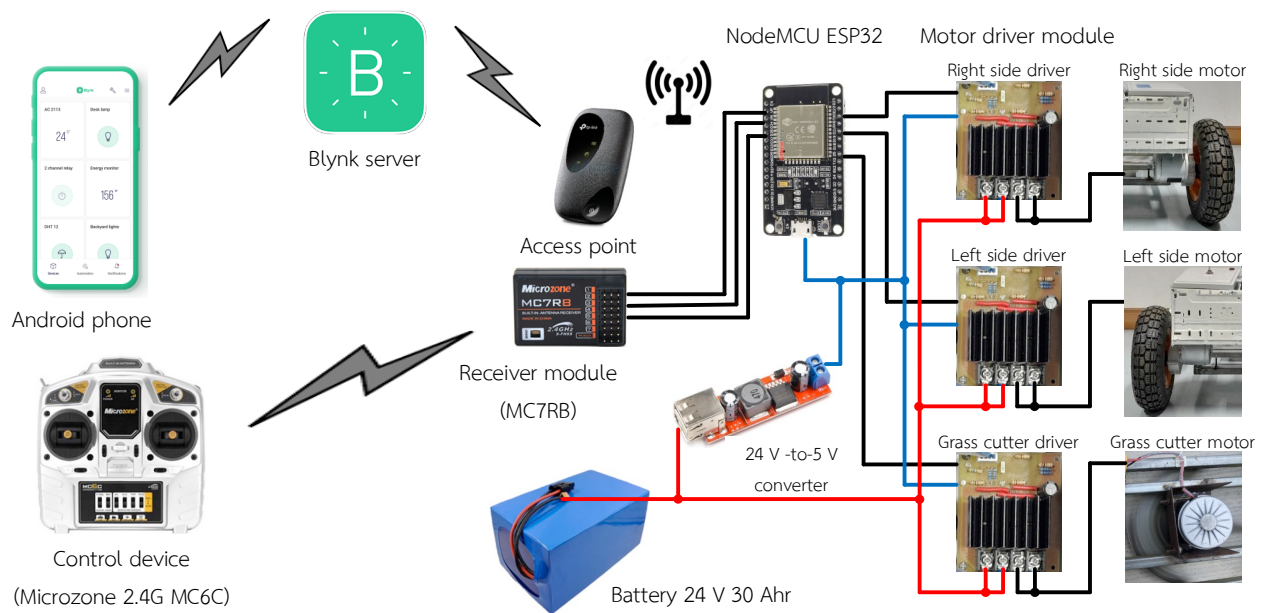
2. รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่ถูกควบคุมด้วยระบบโอที

2.1 ระบบควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้า

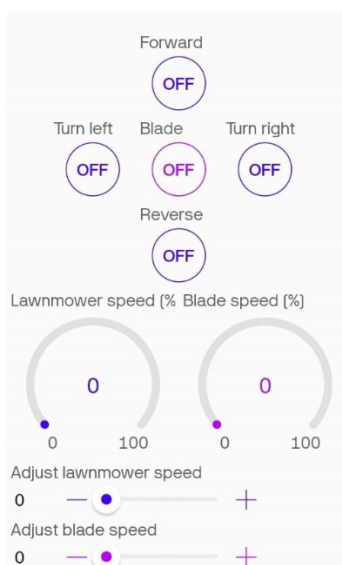
รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบการสั่งการควบคุมและการขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยระบบ IoT ระบบดังกล่าวประกอบด้วยสมาร์ทโฟน เซิร์ฟเวอร์ Blynk แอคเซสพอยต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์

ESP32 โมดูลขับเคลื่อน 3 โมดูล มอเตอร์แบบเกียร์ทด 2 ตัว มอเตอร์ตัดหญ้า 1 ตัว เนื่องจากพื้นที่ตัดหญ้าอาจไม่มีสัญญาณ Wi-Fi งานวิจัยนี้จึงออกแบบให้สามารถควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าได้ด้วยรีโมทคอนโทรล การควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลจะใช้รีโมทคอนโทรลยี่ห้อ Microzone และโมดูลรับสัญญาณรีโมทคอนโทรล (MC7RB)

งานวิจัยนี้ใช้แรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ฟอสเฟต (LiFePO4) 24 V 30 Ahr จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงทั้ง 3 ตัว วงจรรักษาแรงดันแบบสวิทช์ซิงกลแรงดัน 24 V ให้มีค่าเท่ากับ 5 V เพื่อเป็นแรงดันไฟเลี้ยงให้กับ ESP32 และไอซีในวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์



รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมรถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนและรีโมทคอนโทรล



รูปที่ 3 หน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟน

2.2 การออกแบบแอปพลิเคชัน

รูปที่ 3 แสดงหน้าจอบนสมาร์ทโฟนสำหรับควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้า ซึ่งมีตำแหน่งกดเพื่อบังคับให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ 4 ทิศทาง ได้แก่ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Forward) เคลื่อนที่ถอยหลัง (Reverse) เคลื่อนที่ไปด้านขวา (Turn right) และเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย (Turn left) กรณีแอปพลิเคชัน Blynk เชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi แล้วแอปพลิเคชัน Blynk แสดงที่หน้าสำหรับสั่งงานที่ตั้งค่าไว้ หน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk มีการแสดงส่วนที่สามารถปรับความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้า และปรับความเร็วของใบมีดตัดหญ้า งานวิจัยนี้ออกแบบให้แอปพลิเคชัน Blynk สามารถปรับระดับความเร็วของรถตัดหญ้า และความเร็วของใบมีดตัดหญ้า 0 - 100 ระดับ

2.3 รีโมทคอนโทรล

ระบบควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลดังแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วย รีโมทคอนโทรลยี่ห้อ Microzone MC6C มีช่องสัญญาณ 6 ช่อง ใช้บังคับควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้า และตัวรับสัญญาณ MC7RB ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณคำสั่งจากรีโมทคอนโทรลแล้วส่งสัญญาณให้ ESP32 ด้วยช่องสัญญาณ SBUS ตัวรับสัญญาณ MC7RB มีช่องสัญญาณเอาต์พุต 7 ช่อง แบ่งเป็นสัญญาณ PWM และสัญญาณ M-BUS และ SBUS ตัวรับส่งสัญญาณใช้แรงดันไฟฟ้าเลี้ยง 4.5-6 V การบริโภคกำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 100 mW รีโมทคอนโทรลสื่อสารกับตัวรับสัญญาณด้วยคลื่นความถี่วิทยุช่วง 2,401-2,479 MHz งานวิจัยนี้เลือกใช้คันโยกด้านซ้ายของรีโมทคอนโทรลเพื่อควบคุมการทำงานเดินหน้า และถอยหลัง ผ่านช่องส่งสัญญาณที่ 2 คันโยกด้านซ้ายของรีโมทคอนโทรลเพื่อควบคุมการทำงานเลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ผ่านช่องส่งสัญญาณที่ 3 และคันโยกทางด้านขวาของรีโมทคอนโทรลใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ใบมีดตัดหญ้าผ่านช่องส่งสัญญาณที่ 1 กรณีมีการใช้งานคันโยกบนตัวรีโมทคอนโทรล รีโมทคอนโทรลจะส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ตัวรับคำสั่งการควบคุม MC7RB จะส่งสัญญาณไป ESP32 เพื่อสั่งงานรถตัดหญ้าตามคำสั่งจากรีโมทคอนโทรล

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

งานวิจัยนี้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เนื่องจากบอร์ดดังกล่าวมีโมดูล Wi-Fi สำหรับสื่อสารผ่านระบบ IoT ได้ ESP32 จะรับคำสั่งจากเชื่อมต่อ Wi-Fi ผ่านพ็อกเก็ต Wi-Fi และเชื่อมต่อวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนและมอเตอร์ตัดหญ้า โปรแกรมที่ถูกเขียนและบันทึกใน ESP32 มีการใส่รหัส TOKEN ที่เซิร์ฟเวอร์ Blynk ส่งมาให้ เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ผ่านพ็อกเก็ต Wi-Fi และเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ Blynk การควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าไฟฟ้า ESP32 จะทำการส่งสัญญาณ PWM (Pulse width modulation: PWM) ไปให้มอเตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 3 ชุด เพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบโปรแกรมให้ ESP32 สร้างสัญญาณ PWM มีค่า duty cycle 0-50% ซึ่งสัมพันธ์กับระดับความเร็วจากหน้าจากแอปพลิเคชันมีค่า 0-100 ระดับ กล่าวคือ กรณีมีการปรับระดับความเร็วจากหน้าจากแอปพลิเคชัน 0 25 50 75 และ 100 ESP32 จะรับคำสั่งแล้วสร้างสัญญาณ PWM มีค่า duty cycle

เท่ากับ 0% 12.5% 25% 37.5% และ 50% กรณีการสั่งงานด้วยรีโมทคอนโทรล เนื่องจากสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลมีระดับความเร็วเดียว เมื่อ ESP32 ได้รับคำสั่งจากรีโมทคอนโทรลให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลังงานวิจัยนี้จึงออกแบบให้ ESP32 สร้างสัญญาณ PWM ที่มีค่า duty cycle เท่ากับ 50% เท่านั้น

2.5 โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 4 แสดงวงจรเฮชบริดจ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งถูกสร้างเป็นโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 3 โมดูล ดังแสดงในรูปที่ 5 (ก) และ (ข) วงจรเฮชบริดจ์ขับเคลื่อนมอเตอร์มีไอซีบีฟเฟอร์เบอร์ 74HC244D (U1) ทำหน้าที่รับสัญญาณ PWM จาก ESP32 แล้วส่งต่อไปที่ไอซีเบอร์ BTS7960B จำนวน 2 ตัว ต่อเป็นวงจรเฮชบริดจ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ (H-bridge drive motor U2 และ U3) สัญญาณ PWM จาก ESP32 2 ช่องสัญญาณ ถูกต่อเข้ากับขา 2 (A1) และขา 6 (A3) เอาต์พุตขา 18 (Y1) ส่งสัญญาณ left-PWM (LPWM) ให้กับไอซี BTS7960B ตัวที่ 1 และเอาต์พุตขา 14 (Y3) ส่งสัญญาณ right-PWM (RPWM) ให้กับไอซี BTS7960B ตัวที่ 2 เอาต์พุตของไอซี BTS7960B ตัวที่ 1 และ 2 ต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสัญญาณ LPWM และ RPWM จาก ESP32 จะควบคุมไอซี BTS7960B ขับมอเตอร์ให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลัง วงจรโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกหนึ่งตัวสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ตัวที่ 2 จะต่อมอเตอร์สลับขั้วกับมอเตอร์ตัวที่หนึ่ง ไอซี 74HC244D ใช้แรงดันไฟฟ้าเลี้ยง 5 V จากแรงดันไฟฟ้าเลี้ยง ESP32 ไอซี BTS7960B ทั้ง 2 ตัว ใช้แรงดันไฟฟ้าเลี้ยง 24 V จากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟต

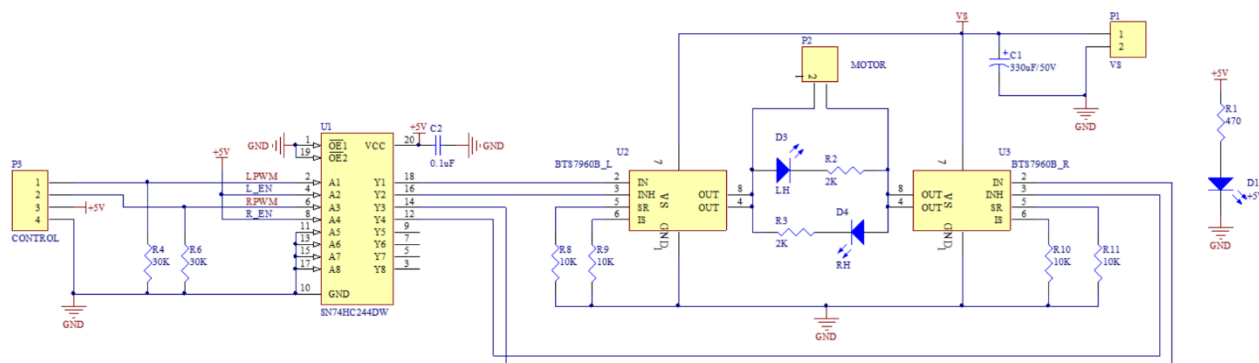
รูปที่ 5 (ก) แสดงการเชื่อมต่อ ESP32 กับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ชุด และต่อกับตัวรับสัญญาณ MC7RB ด้วยบอร์ด PCB พ็อกเก็ต Wi-Fi ถูกใส่ในกล่องควบคุมเพื่อสื่อสารกับ ESP32 และสัญญาณ Wi-Fi รูปที่ 5 (ข) แสดงการเชื่อมต่อโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ขับเคลื่อนมอเตอร์ตัดหญ้า ในกล่องควบคุมมีการติดตั้งเบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับเปิด/ปิดระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับรถตัดหญ้าไฟฟ้า

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

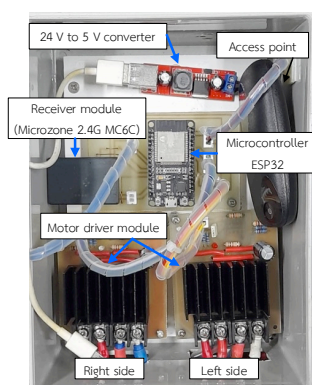
งานวิจัยนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเกียร์ทดสำหรับขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้างดแสดงในรูปที่ 2 มอเตอร์มีอัตราทดรอบ 9.78 : 1 รอบ มอเตอร์มีความเร็ว 330 rpm มอเตอร์ไฟฟ้า

ใช้แรงดันเท่ากับ 24 V และมีกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 350 W มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกหนึ่งตัวทำหน้าที่ขับใบมีดตัดหญ้า มอเตอร์

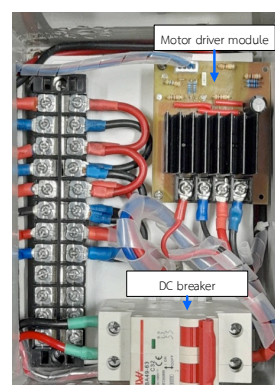
ตั้งกล่าวใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 24 V กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 250 W
และมีความเร็วรอบเท่ากับ 2,750 rpm



รูปที่ 4 วงจรเฮชบริดจ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ [12]



(ก)



(၅)

รูปที่ 5 (ก) กล้องควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้า และ (ข) เบรกเกอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ไมโครตัดหญ้า

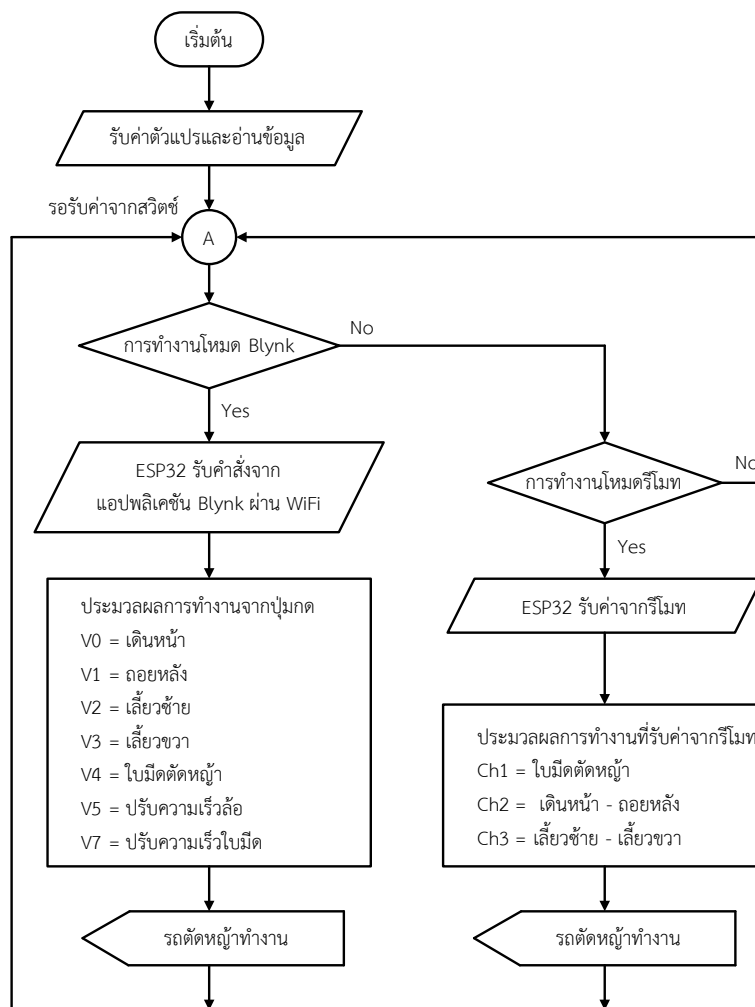
3. โพลีชาร์ตการขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วย ESP32

โพลีชาร์ตของโปรแกรมการขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ เริ่มต้นจากการเปิดเครื่องรับค่าตัวแปร โปรแกรมจะตรวจสอบสวิตช์สำหรับการเลือกการควบคุมว่าจะรับคำสั่งการทำงานมาจากแอปพลิเคชัน Blynk หรือรีโมทคอนโทรล กรณีผู้ใช้งานสวิตช์เลือกรถตัดหญ้าไฟฟ้ารับคำสั่งการทำงานมาจากแอปพลิเคชัน Blynk ESP32 เชื่อมต่อกับสัญญาณ Wi-Fi เมื่อ ESP32 เชื่อมต่อกับสัญญาณ Wi-Fi ได้แล้ว ESP32 จะเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ Blynk เพื่อรอรับคำสั่งจากแอปพลิเคชัน Blynk ที่ผู้ใช้งาน โปรแกรมจะกำหนดให้ตำแหน่ง VO จากแอปพลิเคชัน

ชิ้น Blynk เป็นคำสั่งเดินหน้า ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าเดินหน้า กรณีถ้าหากมีการกดตำแหน่ง V1 จากแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งเป็นคำสั่งถอยหลัง ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าถอยหลัง กรณีมีการกดตำแหน่ง V2 จากแอปพลิเคชัน Blynk เป็นการสั่งให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเลี้ยวซ้าย ตัว ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าเลี้ยวไปด้านซ้าย กรณีมีการกดตำแหน่ง V3 จากแอปพลิเคชัน Blynk เป็นคำสั่งให้รถเคลื่อนที่ไปด้านขวา ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปด้านขวา กรณีมีการกดตำแหน่ง V4 จากแอปพลิเคชัน Blynk เป็นการสั่งงาน

ให้มอเตอร์ใบมีดตัดหญ้าทำงาน ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ตัดหญ้าเพื่อให้มอเตอร์ตัดหญ้าทำงาน โปรแกรมถูกออกแบบให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถปรับความเร็วของรถและความเร็วของใบมีดตัดหญ้า กรณีปรับความเร็วของรถจะมีการกดตำแหน่ง V5 จาก แอปพลิเคชัน Blynk ตัว ESP32 ทำการปรับความถี่ของสัญญาณ PWM ซึ่งจะเป็นการปรับความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้าให้เคลื่อนที่เร็วมากขึ้นหรือลดลงตามความถี่ที่ ESP32 จ่ายออกมา และกรณีปรับความเร็วของใบมีดตัดหญ้าจะมีการกด

ตำแหน่ง V7 จากแอปพลิเคชัน Blynk จะเป็นการสั่งงานให้ ESP32 ปรับความเร็วมอเตอร์ใบมีดตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยการปรับค่า duty cycle ของสัญญาณ PWM ซึ่งจะเป็นการปรับความเร็วมอเตอร์ตัดหญ้าไฟฟ้าให้มีเร็วช้าในการตัดหญ้ามากขึ้น ESP32 จะจ่ายสัญญาณ PWM ให้มีค่า duty cycle เพิ่มมากขึ้น กรณีผู้ใช้งานอาจจะมีการเปลี่ยนโหมดการสั่งงาน โปรแกรมจะวนกลับไปตรวจเช็คสวิตช์เลือกโหมดการควบคุม ทุกครั้งจนผู้ใช้ปิดสวิตช์การทำงาน

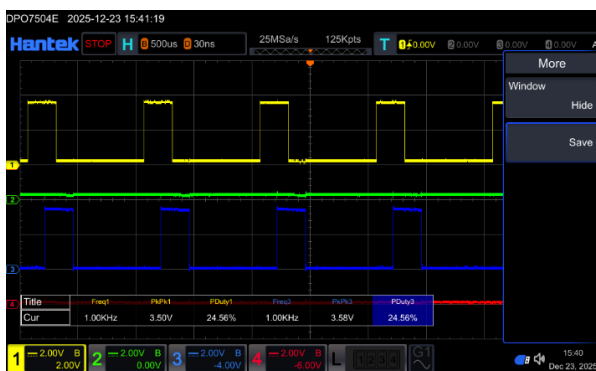


รูปที่ 6 โฟลว์ชาร์ตการควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้า

กรณีผู้ใช้งานสวิตช์เลือกรถตัดหญ้าไฟฟ้ารับคำสั่งการทำงานมาจากรีโมทคอนโทรล ESP32 จะรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรล ซึ่งสัญญาณจาก Ch1 จะเป็นคำสั่งให้ใบมีดตัด

หญ้าทำงาน ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ตัดหญ้าเพื่อให้มอเตอร์ตัดหญ้าทำงาน กรณีได้รับสัญญาณจาก Ch2 จะเป็นคำสั่งให้รถเดินหน้าหรือถอยหลัง ESP32 ส่ง

สัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้า ไฟฟ้าเดินทางหรือถอยหลัง และกรณีได้รับสัญญาณจาก Ch3 จะเป็นคำสั่งให้รถเลี้ยวไปด้านซ้ายหรือด้านขวา ESP32 ส่งสัญญาณ PWM ให้กับวงจรขับมอเตอร์ขับเคลื่อนรถตัดหญ้า ไฟฟ้าเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา โปรแกรมจะวนกลับไปตรวจเช็ค สวิตช์เลือกโหมดการควบคุมทุกครั้งจนผู้ใช้ปิดสวิตช์การทำงานเช่นเดียวกับการเลือกโหมดควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน Blynk



(ก)



(ข)

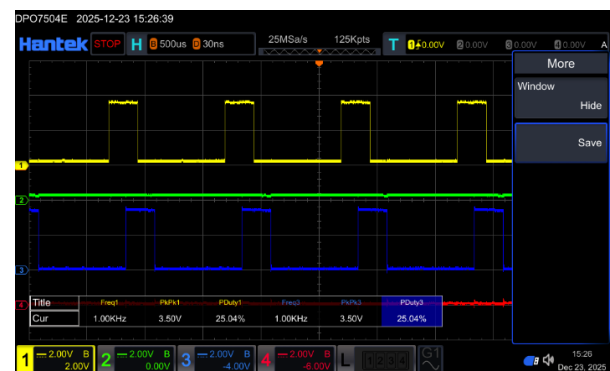
รูปที่ 7 สัญญาณ PWM ด้านเอาต์พุตของ ESP32 จากการควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน Blynk (ก) ด้านขวาและด้านซ้าย ขณะเดินทาง และ (ข) ด้านขวาและด้านซ้ายขณะถอยหลัง

4. ผลการทดลองและผลการทดลอง

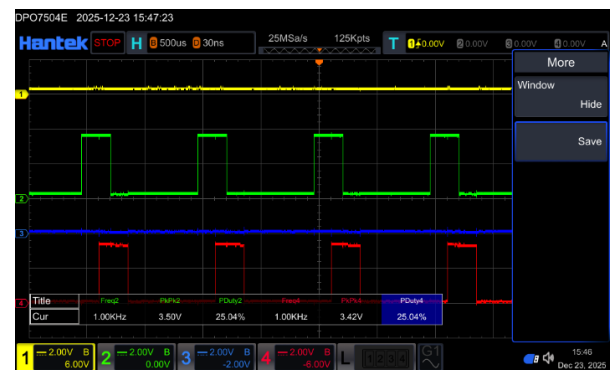
4.1 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้สมาร์ตโฟนสั่งงานให้รถตัดหญ้า ไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลังด้วยระดับความเร็วที่ 25 50 75 และ 100 และทำการวัดสัญญาณ PWM จาก ESP32 ที่

ส่งไปให้วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้านซ้ายและด้านขวาก็ เพื่อพิสูจน์การทำงานของระบบขับเคลื่อนรถตัดหญ้าไฟฟ้า รูปที่ 7 แสดงสัญญาณ PWM ขณะปรับระดับความเร็วเท่ากับ 50 ผลจากการทดลองพบว่า กรณีสมาร์ตโฟนสั่งงานให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยระดับความเร็วที่ 50 เมื่อ ESP32 รับคำสั่งแล้วสร้างสัญญาณ PWM ซึ่งมีค่า duty cycle เท่ากับ 24.56 % ส่งไปให้วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้านซ้ายและด้านขวาดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) รูปที่ 7 (ข) แสดงผลการวัดสัญญาณ PWM กรณีสมาร์ตโฟนสั่งงานให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยระดับความเร็วที่ 50 แล้ว ESP32 ทำการสร้างสัญญาณ PWM มีค่า duty cycle เท่ากับ 24.56 % ซึ่งเท่ากับสัญญาณ PWM ขณะสั่งงานให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยสมาร์ตโฟน



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 สัญญาณ PWM ด้านเอาต์พุตของ ESP32 จากการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล (ก) ด้านขวาและด้านซ้ายขณะเดินทาง และ (ข) ด้านขวาและด้านซ้ายขณะถอยหลัง

การทดลองวัดสัญญาณ PWM ด้านอินพุตของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้านซ้ายและด้านขวาด้วยการใช้รีโมท

คอนโทรลสั่งงานให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง จากผลการทดลองพบว่าการสั่งให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปข้างหน้า สัญญาณ PWM ที่วัดได้มีค่า duty cycle เท่ากับ 25.04 % ดังแสดงในรูปที่ 8 (ก) และกรณีสั่งการให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ถอยหลัง สัญญาณ PWM ที่วัดได้มีค่า duty cycle เท่ากับ 25.04 % เช่นเดียวกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าของรถตัดหญ้าไฟฟ้าขณะเคลื่อนที่บนพื้นปูนทางเรียบด้วยระดับความเร็ว 25 50 75 และ 100 ซึ่งเริ่มต้นการทดลองด้วยการปรับระดับความเร็วการเคลื่อนที่รถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยการสั่งงานผ่านระบบ IoT ขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้ายังไม่เคลื่อนที่ แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสให้กับระบบควบคุมและวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 0.55 A จากนั้นผู้วิจัยจะทำการปรับระดับความเร็ว ซึ่งเริ่มจากระดับความเร็วที่ 25 แล้วทำการวัดกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่พร้อมบันทึกผลการวัดด้วยการถ่ายภาพวิดีโอ แล้วทำการทดลองแบบเดิมอีกครั้งด้วยการเพิ่มความเร็วเป็น 50 75 และ 100 จากนั้นจะนำผลการทดลองวัดกระแสในแต่ละระดับความเร็วมาหาค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าจากผลการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จากผลการทดลองพบว่าการปรับระดับความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมด้วยสมาร์ตโฟนให้รถเคลื่อนที่ด้วยระดับความเร็ว 25 50 75 และ 100 ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.86 4.13 7.12 และ 9.81 A ตามลำดับ การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การใช้แบตเตอรี่จะพบว่า การเพิ่มความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าจากหยุดนิ่งแล้วเคลื่อนที่ในระดับ 25 จะทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 238.18% กรณีเพิ่มระดับความเร็วจาก 25 เป็นระดับ 50 จะทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 122.04 % กรณีเพิ่มระดับความเร็วจาก 50 เป็นระดับ 75 จะทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 72.40 % และกรณีเพิ่มระดับความเร็วจาก 75 เป็นระดับ 100 จะทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 37.78 % นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ทำการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขณะควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยรีโมทคอนโทรลในลักษณะเดียวกับการควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน Blynk จากผลการทดลองพบว่า ขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า

เฉลี่ยเท่ากับ 4.26 A การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การใช้แบตเตอรี่จะพบว่าควมควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเริ่มต้นจากรถหยุดนิ่งแล้วเคลื่อนที่ในระดับ 50 จะทำให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 650.91%

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยผลการทดลองวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้า

ควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน Blynk			
ระดับความเร็ว	กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ (A)	การใช้แบตเตอรี่ (%)	ความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้า (m/s)
25	1.86	238.18	0.526
50	4.13	122.04	1.098
75	7.12	72.40	1.639
100	9.81	37.78	2.083
ควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล			
50	4.26	650.91	0.85

การทดลองหาความเร็วรถตัดหญ้าไฟฟ้าเพื่อให้สามารถนำความเร็วของรถไปแสดงหน้าแอปพลิเคชัน Blynk จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าได้ หน้าแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งจะสอดคล้องกับความเร็วมาตรฐาน คณะผู้จัดทำงานวิจัยกำหนดระยะทาง 1 เมตร แล้วตั้งค่าระดับความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าให้เคลื่อนที่พร้อมกับตั้งเวลาในการเคลื่อนที่ ซึ่งทำการปรับระดับความเร็วตั้งแต่ 25 50 75 และ 100 แล้วบันทึกผลความเร็วของรถ จากนั้นนำผลการทดลองมาคำนวณหาความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 1 ความเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าระดับความเร็วที่ 25 50 75 และ 100 รถตัดหญ้าไฟฟ้ามีความเร็ว 0.526-2.083 m/s

รูปที่ 9 แสดงผลการทดลองใช้แอปพลิเคชัน Blynk บังคับรถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่บนชิ้นพื้นลาดเอียง ซึ่งรถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับ 75 จากผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดชันที่ทำมุมขึ้นจากพื้นได้สูงสุด 35 องศา จะทำให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าใช้กระแส

7.23A ซึ่งรถตัดหญ้าไฟฟ้าใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่
ใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่บนพื้นถนนปูน



รูปที่ 9 การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้าทำงาน



(ก)



(ข)

รูปที่ 10 (ก) การทดลองวัดกระแสไฟฟ้าขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้าทำงาน และ (ข) ผลการบันทึกค่าด้วยการถ่ายภาพวิดีโอ

รูปที่ 10 (ก) แสดงการทดลองวัดกระแสจากแบตเตอรี่
ขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้าทำงานบนพื้นหญ้าทางเลียบด้วยการ
ควบคุมโดยใช้สมาร์ทโฟน การทดลองดังกล่าวจะใช้วิธีการวัด
กระแสขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้าทำงานพร้อมกับทำการบันทึก
ค่ากระแสด้วยการถ่ายภาพวิดีโอที่แสดงในรูปที่ 10 (ข) การ
ทดลองมีขั้นตอนดังนี้

- ทำการควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าเริ่มต้นเคลื่อนที่ จนกระทั่งมี
การตัดหญ้าแล้วมีแล้วมีการลดความเร็วการเคลื่อนที่ ทำการ
ทดลองจำนวน 2 ครั้ง
- การทดลองครั้งที่ 2 มีการสั่งให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าการทำงาน
ในระยะเวลาสั้นมากขึ้น

- นำไฟล์วิดีโอมาบันทึกค่าลงในตารางจำนวน 20 ค่า ดัง
แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดกระแสไฟฟ้าขณะรถตัดหญ้าไฟฟ้า
ทำงาน

ลำดับที่	กระแส (A)	ลำดับที่	กระแส (A)
1	9.01	11	17.90
2	13.67	12	16.80
3	14.37	13	15.19
4	16.46	14	17.02
5	17.35	15	17.79
6	18.54	16	18.02
7	19.18	17	18.77
8	8.77	18	19.90
9	7.33	19	20.12
10	16.60	20	20.53

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า ช่วงแรก (ลำดับ
ที่ 1-3) กระแสไฟฟ้ามีย่านน้อยเนื่องจากรถตัดหญ้าไฟฟ้าเริ่ม
เคลื่อนที่ ช่วงที่ 2 (ลำดับที่ 4-7) แบตเตอรี่มีการจ่าย
กระแสไฟฟ้าปริมาณมาก อันเนื่องมาจากรถตัดหญ้าไฟฟ้ามีการ
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น และมีพลังงานมอเตอร์ตัดหญ้าให้
ทำการตัดหญ้า ช่วงที่ 3 (ลำดับที่ 8) ทำการลดความเร็วการ
เคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าไฟฟ้า ช่วงที่ 4 (ลำดับที่ 9-20)
กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลเพิ่มขึ้นเนื่องจากรถตัดหญ้าไฟฟ้า
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นพร้อมกับทำการตัดหญ้า

งานวิจัยนี้ได้นำค่าการใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ดัง
แสดงในตารางที่ 1 มาทำการคำนวณหาระยะเวลาการใช้งาน
ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีแรงดัน 24 V และอัตราการจ่าย
กระแส 30 Ah ผลการคำนวณพบว่ากรณีรถตัดหญ้าไฟฟ้า
เคลื่อนที่ด้วยระดับความเร็ว 25 50 75 และ 100 รถตัดหญ้า
ไฟฟ้าจะใช้แบตเตอรี่ได้ระยะเวลา 16.13 7.26 4.21 และ 3.06
ชั่วโมง ตามลำดับ การเพิ่มความรวดเร็วของรถตัดหญ้าไฟฟ้าจะทำ
ระยะเวลาการใช้งานแบตเตอรี่ลดลง นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยัง

ได้นำผลการทดลองในตารางที่ 2 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยการใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.17 A จากค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยดังกล่าวจะทำให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถใช้งานแบตเตอรี่ได้ประมาณ 2 ชั่วโมง รถตัดหญ้าไฟฟ้ามีการบริโภคกำลังไฟฟ้า (Average power dissipation) เฉลี่ยเท่ากับ 376.8 W กรณีผู้ใช้งานต้องการให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าใช้งานได้ระยะเวลามากขึ้นสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มความจุของแบตเตอรี่



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 11 การเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าไฟฟ้า (ก) เคลื่อนที่ขึ้น (ข) เคลื่อนที่ลง และ (ค) เคลื่อนที่แนวขวาง

งานวิจัยนี้ทำการทดลองควบคุมให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปตามพื้นลาดและพื้นเอียงเพื่อดูสมรรถนะการเคลื่อนที่ของรถ รถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกบังคับให้เคลื่อนที่ลงทางลาดเอียงท่าม 11 องศา จากพื้นโลกดังแสดงในรูปที่ 11 (ก) และรูปที่ 11 (ข) แสดงการทดลองรถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกบังคับให้เคลื่อนที่ขึ้นทางลาดเอียงในพื้นที่เดียวกับรูปที่ 11 (ก) ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ลงทางลาด

เอียงด้วยความเร็วระดับ 25 และเคลื่อนที่ขึ้นทางลาดเอียงด้วยความเร็วระดับ 75 รูปที่ 11 (ค) แสดงการทดลองบังคับให้รถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่พื้นลาดเอียงตามแนวขวาง จากผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับ 50

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีของรถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอกับงานวิจัยในอดีต รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เพียงหนึ่งตัวก็สามารถควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าไฟฟ้าได้ และใช้เทคโนโลยีการสื่อสารที่นิยมใช้ในปัจจุบันและทันสมัย รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟตเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ซึ่งมีอายุการใช้งานนานมาก และมีความปลอดภัยสูง รถตัดหญ้าไฟฟ้าที่นำเสนอสามารถใช้สมาร์ทโฟนหรือจะรีโมทคอนโทรลควบคุมก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และสัญญาณอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ใช้งาน อย่างไรก็ตาม รถตัดหญ้าไฟฟ้าไม่ได้ถูกออกแบบให้ทำงานแบบอัตโนมัติ รถตัดหญ้าจึงไม่เซนเซอร์สำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวาง แต่สามารถพัฒนาให้สามารถติดกล้องเพื่อดูสิ่งกีดขวางได้



(ก)



(ข)

รูปที่ 12 รถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนทำการตัดหญ้า (ก) ก่อนตัด และ (ข) หลังตัด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีของรถตัดหญ้าไฟฟ้างานวิจัยที่นำเสนอและงานวิจัยในอดีต

Ref	Main Controller	Connectivity	Sensors	Power Source	Special Features
[3]	Arduino Uno	Bluetooth (HC-05), Wi-Fi	-	2 × 12 V Lead Acid Battery (24V total)	Controlled via Android ENIRO app, dual connectivity (Bluetooth & Wi-Fi), tested mowing 30m × 20m field
[4]	ATmega8	Bluetooth (HC-05)	Ultrasonic (HC-SR04)	6 V 4 Ah and 12 V 7.2 Ah Battery	Manual & autonomous operation, obstacle avoidance, smartphone control
[5]	Microcontroller (not specified)	PS2 Controller (manual mode)	Ultrasonic	Rechargeable Battery	Dual-mode (manual & auto), tank-like design, intelligent obstacle avoidance
[6]	Arduino Uno	Bluetooth, IoT (Blynk app)	Ultrasonic	Solar Panel and Rechargeable Battery	Solar-powered, IoT control, obstacle avoidance
[7]	Arduino and IoT Modules	Wi-Fi, IoT Cloud	Multiple sensors (not detailed)	Battery Powered	IoT-based design, IoT integration, smart navigation
[8]	PIC16F877A and ESP32-CAM	Wi-Fi, Bluetooth (Mobile App Control)	ESP32 Camera (Video Streaming), Accelerometer	Solar Battery and Electric Battery (Dual Mode)	Video-enabled control, adjustable blade height, eco-friendly, remote monitoring via mobile app
[9]	ArduPilot (open-source UAV platform)	Radio Control (RC), GPS, IMU	GPS, IMU	Electric Battery	Autonomous grid pattern mowing, designed for people with limited mobility
[10]	DSP TMS320F2808 and Raspberry Pi	Mobile Remote and Image Recognition	Webcam, Proximity Switch	Battery Powered (Crawler tracks)	AI-based image recognition, personified design, simulates human mowing
[11]	Arduino UNO and Raspberry Pi	IoT (HTTP, Android App)	Ultrasonic, Camera (AI/Computer Vision)	Solar PV Panel, Battery	IoT motion control, AI obstacle detection, sustainable design
This paper	ESP32	IoT (Blynk app), Radio frequency	-	24 V 30 Ahr LiFePO4 Battery	Smartphone control via IoT system, Remote control

4.2 การทดลองการทำงานรถตัดหญ้าไฟฟ้า

การทดลองการควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าด้วยแอปพลิเคชัน Blynk ผ่าน Wi-Fi ให้ทำการตัดหญ้าอ่อนมีความสูงประมาณ 40 cm ดังแสดงในรูปที่ 12 พื้นที่ทดลองตัดหญ้ามีย่าน 22.26 cm^2 และพื้นมีความลาดเอียง 14 องศา จากผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถตัดหญ้าได้หมด รูปที่ 13 แสดงการทดลองรถตัดหญ้าไฟฟ้าควบคุมผ่านการบังคับด้วยรีโมทคอนโทรล ทำการทดลองตัดหญ้าอ่อนมีสูงประมาณ 40 cm เช่นเดียวกับการบังคับด้วยสมาร์ทโฟน พื้นที่ตัดหญ้ามีย่าน 22.90 cm^2 และพื้นมีความลาดเอียง 14 องศา จากผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถตัดหญ้าได้หมด



(ก)



(ข)

รูปที่ 13 รถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลทำการตัดหญ้า (ก) ก่อนตัด และ (ข) หลังตัด

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอรถตัดหญ้าไฟฟ้าถูกควบคุมด้วยสมาร์ทโฟนผ่านระบบ IoT สมาร์ทโฟนจะติดตั้งแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งใช้

ควบคุมการทำงานของรถตัดหญ้าไฟฟ้า งานวิจัยนี้มีการออกแบบให้สามารถใช้รีโมทคอนโทรลควบคุมรถตัดหญ้าไฟฟ้าขณะที่ไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เชื่อมต่อกับระบบ IoT เพื่อรับคำสั่งจากแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับสั่งงานการเคลื่อนที่ของรถตัดหญ้าไฟฟ้าและการตัดหญ้าไฟฟ้า วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ IC BTS7960 2 ตัว ทำงานลักษณะเฮซบริดจ์ จากผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วระหว่าง 0.526-2.083 m/s และสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เคลื่อนที่ถอยหลัง เคลื่อนที่ไปทางขวา และเคลื่อนที่ไปทางซ้ายตามคำสั่งได้ถูกต้อง รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ขึ้น และลงทางลาดเอียงได้ นอกจากนี้รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ตามขวางของทางลาดเอียงได้ งานวิจัยนี้ทำการทดลองตัดหญ้าขนาดเล็กในพื้นที่ 22.26 m^2 ลักษณะพื้นที่ขรุขระเล็กน้อย ผลการทดลองพบว่ารถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งได้ และตามความเร็วที่ปรับด้วยสมาร์ทโฟน รถตัดหญ้าไฟฟ้าสามารถตัดหญ้าอ่อนได้ ส่วนที่ไม่สามารถตัดหญ้าได้เนื่องจากใบมีดตัดหญ้ายาวเกินไปไม่ถึงต้นหญ้า

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สนับสนุนทุนวิจัยโครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hyundai. (15 October 2023). *Brush cutters*. [Online] Available : <https://hyundaipower-fr.com/en/2446-brush-cutters>
- [2] Popular mechanics. (15 October 2024), *How to Winterize Your Lawn Mower in 9 Easy Steps*. [Online] Available : <https://www.popularmechanics.com/home/lawn-garden/how-to/a24355/how-to-winterize-your-lawn-mower>
- [3] N. M. A. Paala, N. M. M. Garcia, R. A. Supetran, and M. E. L. B. Fontamillas. "Android controlled

- lawn mower using bluetooth and WI-FI connection”. *International Conference on Computer and Communication Systems*. 23-25 February. Singapore : pp. 702-706, 2019. doi: 10.1109/CCOMS.2019.8821762
- [4] B. Siregar, B. M. Hutagaol, and O. S. Sitompul. “Smartphone-controllable lawn mower robot”. *International Conference on ICT for Smart Society*. 19-20 November. Bandung, Indonesia : pp. 1-5, 2020. doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307574
- [5] A. E. Ch. Man, S. R. Aw, N. A. Rahman, R. S. N. A. R. Aris, L. S. Syafie, M. H. Othman, A. S. M. Nor, and N. A. I. Shuhaimi. “Development of dual-mode grass cutter robot”. *International Conference on Robotic Automation System*. 25-26 October. Online : pp. 1-4, 2021.
- [6] K. Balakrishna and N. Rajesh, “Design of remote monitored solar powered grasscutter robot with obstacle avoidance using IoT,” *Global Transitions Proceedings*, Vol. 3 (1), pp. 109-113, 2022. doi: 10.1016/j.gltp.2022.04.023
- [7] M. Ryalat, M. Alsherqatli, and H. ElMoaqet. “IoT-aided Smart Lawnmower”. *International Symposium on Computer Science and Intelligent Control*. 25-27 September. Amsterdam, Netherlands : pp. 1-8, 2019. doi: 10.1145/3386164.3387298
- [8] K. N. Baluprithviraj, T. Kalavathi Devi, M. Madhan Mohan, R. Harini, M. M. Janarthanan, and C. Jasodhasree. “Smart IoT based solar powered lawn mower robot”. *International Conference on Computing Communication and Networking Technologies*. 3-5 October. Kharagpur, India : pp. 1-5, 2022. doi: 10.1109/ICCCNT54827.2022.9984503
- [9] D. A. Aponte-Roa, X. Collazo, M. Goenaga, A. A. Espinoza, and K. Vazquez. “Development and evaluation of a remote controlled electric lawn mower”. *Annual Computing and Communication Workshop and Conference*. 7-9 January. Las Vegas, NV, USA : pp. 90-94, 2019. doi: 10.1109/CCWC.2019.8666455
- [10] J.-Ch. Liao, Sh.-H. Chen, Z.-Y. Zhuang, B.-W. Wu, and Y.-J. Chen, “Designing and manufacturing of automatic robotic lawn mower,” *Processes*, Vol. 9 (2), pp. 1-21, 2021. doi: 10.3390/pr9020358
- [11] T. Tahir, A. Khalid, J. Arshad, A. Haider, I. Rasheed, A. U. Rehman, and S. Hussien, “Implementation of an IoT-Based solar-powered smart lawn mower,” *Wireless Communications and Mobile Computing*, Vol. 2022 (1), pp. 1-12, 2022. doi: 10.1155/2022/1971902
- [12] Stella Brinkley. (15 October 2023). *BTS7960 Motor Driver Datasheet and Circuit Diagram*. [Online] Available : <https://www.ovaga.com/blog/transistor/bts7960-motor-driver-datasheet-and-circuit-diagram>