



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การออกแบบและสร้างระบบการสื่อสารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ขนาด 7.40 กิโลวัตต์

The design and construction of a communication system with a microcontroller used for an electric vehicle charger rated at 7.40 kW

ธนัช เอกเกื้อกุล ชัยพร อัดโดดดร* นิตikom อริยพิมพ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

Tanut Aekkeurkul Chaiporn Addoddorn* Nitikom Ariyapim

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, North eastern University, muang, khonkaen 40000

* Corresponding author.

E-mail: chaiporn.add@neu.ac.th; Telephone: 093-2168326

วันที่รับบทความ 29 กันยายน 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 7 พฤศจิกายน 2566; วันที่ตอบรับบทความ 7 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบการสื่อสารด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าขนาด 7.40 กิโลวัตต์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino UNO โดยปัจจุบันยังเป็นช่วงเริ่มต้นของการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า จึงทำให้จำนวนสถานีชาร์จที่เปิดให้บริการทั่วไปยังคงมีน้อย อีกทั้งสถานีชาร์จที่มีจำหน่ายในปัจจุบันก็มีราคาที่สูงเนื่องจากต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้านี้มีต้นทุนที่ประหยัดเหมาะกับการใช้งานทั่วไปในท้องถิ่น ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าเป็นแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าผ่านตัวนำ ซึ่งจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ภาควัดกำลัง ซึ่งประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรรีเลย์ วงจรป้องกัน และยานยนต์ไฟฟ้า ส่วนที่สอง คือ ภาควัดควบคุม ซึ่งประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5V/12V ปุ่มปรับกระแสอัดประจุ วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอ่านค่ากระแส วงจรอ่านค่าแรงดัน วงจรสื่อสาร และหม้อแปลงกระแส ที่กระแสอัดประจุจาก 0-32 A ขนาด 7.40 กิโลวัตต์ โดยใช้ทดสอบกับยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ GWM รุ่น ORA GOOD CAT และผู้ใช้สามารถดูเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้อีกด้วย จากการทดสอบ พบว่า ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A เท่ากับ 10 ชั่วโมง กระแสที่วัดได้ 29.80 A ที่เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า 99% ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A เท่ากับ 17 ชั่วโมง กระแสที่วัดได้ 17.70 A ที่เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า 100% ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A เท่ากับ 25 ชั่วโมง กระแสที่วัดได้ 11.50 A ที่เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า 99% และระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A เท่ากับ 52 ชั่วโมง กระแสที่วัดได้ 5.90 A ที่เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า 99% ตามลำดับ โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 6 % ทำให้เครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ามีราคาที่ถูกลงแต่มีประสิทธิภาพที่เพิ่มมากขึ้น และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดมลพิษจากฝุ่น PM2.5 ลดวันไอเสีย และมลพิษด้านเสียงได้อีกด้วย

คำสำคัญ

ระบบการสื่อสาร ไมโครคอนโทรลเลอร์ เครื่องอัดประจุ ยานยนต์ไฟฟ้า

Abstract

This article presents the design and construction of a communication system with an Arduino UNO microcontroller used for an electric vehicle charger, rated 7.40 kW. It is still the beginning of the era of using electric vehicles. As a result, the number of charging stations open as public services is still low. Moreover, the charging stations currently available are

quite expensive because they must be ordered from abroad. This electric vehicle charger is economical and suitable for general use in the local area. In this research, an electric vehicle charger uses a single-phase AC as a power source and charges an electric vehicle through the conductor. Its operation is divided into two parts. The first part is the power section which consists of the AC power supply, relay circuits, protection circuits, and electric vehicles. The second part is the control section which consists of a 5V/12V DC power supply, charging current adjustment button, microcontroller control circuit, current reading circuit, voltage reading circuit, communication circuit, and current transformer for measuring the charging current of 0-32 A, rated at 7.40 kilowatts. The vehicles used for testing are ORA GOOD CAT. Users can view the percentage of battery charging through an application on a smartphone. From the test, it was found that the charging time for electric vehicles at a current of 32 A is equal to 10 hours, and the measured current is 29.80 A at a charging percentage of 99%. The charging time for electric vehicles at a current of 18 A equals 17 hours, and the measured current is 17.70 A at a charging percentage of 100%. The charging time for electric vehicles at a current of 12 A equals 25 hours, and the measured current is 11.50 A at a charging percentage of 99%. The charging time for electric vehicles at a current of 6 A equals 52 hours, and the measured current is 5.90 A at a charging percentage of 99% respectively. The errors of all experiments did not exceed 6 %. Therefore, it can be concluded that this electric vehicle charger is economical but still works efficiently. It helps reduce greenhouse gas emissions, and pollution from PM2.5 dust, and reduces exhaust fumes and noise pollution as well.

Keywords

communication system; microcontroller; charger; electric vehicle

1. คำนำ

ปัจจุบันทั่วโลกได้ให้ความสำคัญต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศต่าง ๆ จึงได้ร่วมมือกันเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยที่ประชุมรัฐภาคีว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Conference of the Parties : COP) ครั้งที่ 21 ได้รับรองข้อตกลงปารีสภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) [1] ซึ่งมีเป้าหมายหลักร่วมกันที่จะรักษาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 1.5 องศาเซลเซียส เพื่อแก่วิกฤตสภาพภูมิอากาศ โดยไทยให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับสูงสุด และประกาศยกระดับการดำเนินการของไทย โดยประกาศเป้าหมายที่ไทยจะบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ภายในปี 2050 และบรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Greenhouse Gas Emission) ภายในปี 2065 ด้วยการสนับสนุนทางการเงินและเทคโนโลยีอย่างเต็มที่ และเท่าเทียม เพื่อให้สอดคล้องกับเจตจำนงของประเทศในการบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และ

สนับสนุนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ จึงได้เห็นชอบกรอบ “แผนพลังงานชาติ” โดยได้กำหนดแนวนโยบายภาคพลังงานที่จะมีผลต่อทิศทางการพัฒนาพลังงานที่สำคัญ 4 ด้าน [2] ได้แก่ 1. เพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าใหม่โดยมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50 2. ปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานภาคขนส่งเป็นพลังงานไฟฟ้าสีเขียวผ่านเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า 3. ปรับเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานมากกว่าร้อยละ 30 4. ปรับโครงสร้างกิจการพลังงานรองรับแนวโน้มการเปลี่ยนผ่านพลังงานตามแนวทาง 4D1E โดยนโยบายการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเป็นนโยบายสำคัญอย่างมากในอนาคตเพื่อสนับสนุนให้ประเทศไทยสามารถบรรลุเป้าหมายการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในระยะยาวผ่านการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคขนส่งให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นพลังงานไฟฟ้าสีเขียว และยังช่วยแก้ไขปัญหาสภาพอากาศจากภาวะฝุ่นละออง PM 2.5 ได้อีกด้วย ซึ่งจากสถิติการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยพบว่า การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า รวมถึงรถโดยสาร

สาธารณะ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกปี ด้วยเหตุนี้ทางหน่วยงานต่าง ๆ จึงได้มีการเร่งติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้าตามที่สาธารณะ [3,4] เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามจากลักษณะของการติดตั้งสถานีอัดประจุไฟฟ้าตามสถานที่สาธารณะ พบว่า มีการกระจุกตัวในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล จากนั้นจึงมีการกระจายออกไปตามเมืองใหญ่ที่มีกำลังซื้อ และขยายไปสู่เส้นทางหลักเพื่อรองรับการเดินทางระยะไกล แต่ก็ยังไม่เพียงพอ และเมื่อมีการติดตั้งสถานีอัดประจุเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลกระทบต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ และปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้นด้วยเหตุผลต่างๆ หลายข้อ เช่น เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันมีราคาแพงขึ้น เทคโนโลยีด้านยานยนต์ไฟฟ้ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจึงทำให้ยานยนต์ไฟฟ้ามีราคาที่ถูกลง แต่มีประสิทธิภาพที่เพิ่มมากขึ้น และประเด็นเรื่องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การลดมลพิษจากฝุ่น PM2.5 และควันไอเสีย มลพิษด้านเสียง เป็นต้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัจจุบันยังเป็นช่วงเริ่มต้นของการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าจึงทำจำนวนสถานีชาร์จที่เปิดให้บริการทั่วไประยะนี้ยังมีน้อย อีกทั้งสถานีชาร์จที่มีจำหน่ายในปัจจุบันก็มีราคาที่สูงเนื่องจากต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ และทำให้เกิดความยากลำบากกับผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอยู่พอสมควร งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมาโดยมีต้นทุนที่ประหยัดเหมาะกับการใช้งานทั่วไปในท้องถิ่น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้การอัดประจุไฟฟ้าแบบปกติ (Normal Charge) [5,6] ซึ่งเป็นการอัดประจุไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยทำการชาร์จผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตัวยานยนต์ไฟฟ้า คือ On-Board Charger ซึ่งจะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายเข้าสู่แบตเตอรี่ การอัดประจุในลักษณะนี้ปกติจะใช้เวลาในการชาร์จ 6-8 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดของแบตเตอรี่และขนาดกำลังของ EV Charger) วิธีการนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับบ้านพักอาศัย หรืออาคารสำนักงาน ที่สามารถจอดยานยนต์ไฟฟ้า (EV) เป็นระยะเวลานานๆ ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่กระแสอัดประจุจาก 0-32 A ขนาด 7.40 กิโลวัตต์ โดยการอัดประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำ และทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดประจุ

ยานยนต์ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ อันได้แก่ กระแสอัดประจุ ระดับเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ และเวลาที่ใช้อัดประจุ โดยใช้ทดสอบกับยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ GWM รุ่น ORA GOOD CAT ความจุแบตเตอรี่ 63.139 kWh โดยมี On-Board Charger กระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 6.6 กิโลวัตต์ และผู้ใช้สามารถดูเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชัน GWM บนสมาร์ตโฟนได้อีกด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีการอัดประจุไฟฟ้า

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท [7] ได้แก่

1. การอัดประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำ (Conductive Charging) เป็นการอัดประจุไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟโดยผ่านสายเคเบิล เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง และกำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย ดังนี้

1) การอัดประจุไฟฟ้าแบบปกติ (Normal Charge) ซึ่งเป็นการอัดประจุไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยต้องทำการชาร์จผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตัวรถ คือ On-Board Charger ซึ่งจะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายเข้าสู่แบตเตอรี่ การอัดประจุในลักษณะนี้ปกติจะใช้เวลาในการชาร์จ 6-8 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดของแบตเตอรี่และขนาดกำลังของ EV Charger) วิธีการนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับบ้านพักอาศัย หรืออาคารสำนักงาน ที่สามารถจอดรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ได้เป็นระยะเวลานาน

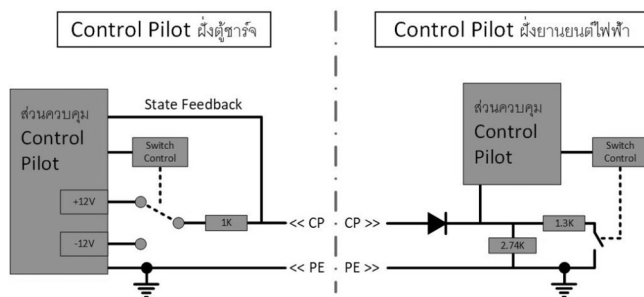
2) การอัดประจุไฟฟ้าแบบเร็ว (Quick Charge) ซึ่งเป็นการอัดประจุไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้าสู่แบตเตอรี่โดยตรง โดยไม่ต้องผ่าน On-Board Charger ซึ่งวิธีการนี้จะใช้เวลาในการชาร์จเพียง 10-15 นาที ก็สามารถที่จะชาร์จแบตเตอรี่จาก 0 ถึง 80% ได้ แต่เนื่องจากวิธีการชาร์จแบบนี้ต้องใช้กำลังไฟค่อนข้างสูง จึงทำให้ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบ 3 เฟส และอาจจะต้องมีการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าใหม่อีกด้วย วิธีการนี้จึงเหมาะกับสถานีชาร์จไฟฟ้าแบบสาธารณะ (EV Station) ที่ต้องการความรวดเร็วในการชาร์จ

2. การอัดประจุไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Charging) หรือการอัดประจุไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless

Charging) เป็นการอัดประจุไฟฟ้าโดยการใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า จึงทำให้การชาร์จแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีสายเคเบิลในระหว่างการชาร์จ ข้อดี คือ มีความสะดวกสบายในการใช้งาน แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาประสิทธิภาพในการชาร์จอยู่ นอกจากนี้การชาร์จแบบนี้สามารถทำยังเป็นการชาร์จผ่านระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เท่านั้น ซึ่งก็ต้องอาศัย On-Board Charger ในการอัดประจุเข้าแบตเตอรี่

2.2 รูปแบบการสื่อสารของตู้ชาร์จกับยานยนต์ไฟฟ้า

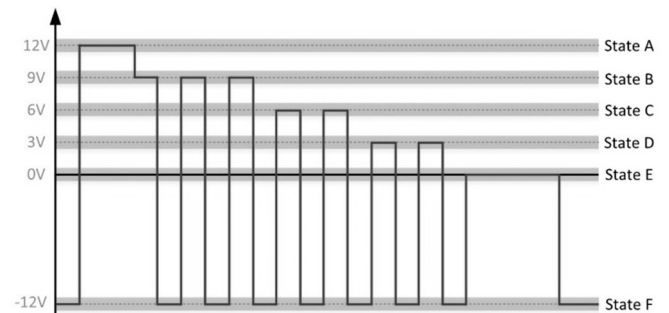
การสื่อสารระหว่างตู้ชาร์จกับยานยนต์ไฟฟ้านั้นจะอาศัยข้อต่อ CP กับ PE โดยจะเรียกสัญญาณสื่อสารนี้ว่า สัญญาณ Control Pilot [8] เพื่อให้เห็นภาพเบื้องต้นของการทำงานในส่วนนี้จะแสดงวงจรสมมูลตามตัวอย่างดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61851-1 โดยมีรูปแบบที่ถอดมาจากมาตรฐาน J1772 เดิม



รูปที่ 1 วงจรการสื่อสารระหว่างตู้ชาร์จกับยานยนต์ไฟฟ้า [8]

การสื่อสารระหว่างตู้ชาร์จกับยานยนต์ไฟฟ้านั้นจะอาศัยข้อต่อ CP กับ PE โดยจะเรียกสัญญาณสื่อสารนี้ว่า สัญญาณ Control Pilot การทำงานของวงจรชุดนี้เริ่มจากการที่ส่วนควบคุมการชาร์จภายในตู้ชาร์จสร้างสัญญาณ Control Pilot ที่มีระดับแรงดันไฟฟ้า +12V และ -12V โดยมีลักษณะเป็น Pulse Width Modulation (PWM) ด้วยความถี่ 1 kHz ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งผ่านสายชาร์จออกมาที่หัวชาร์จ ต่อจากนั้นเมื่อมีการเสียบหัวชาร์จเข้ากับเต้ารับยานยนต์ไฟฟ้า วงจรภายในฝั่งยานยนต์ไฟฟ้าจะเป็นตัวปรับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ โดยอาศัยหลักการทำงานของไดโอดและตัวต้านทานเพื่อลดทอนแรงดันไฟฟ้าฝั่งบวก ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปจะเป็นตัวกำหนดสถานะต่างๆ ของ

การทำงานในการชาร์จประจุ โดยสถานะแรงดันของสัญญาณ Control Pilot มีรายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระดับแรงดันของสัญญาณ Control Pilot กับสถานะการชาร์จ [8]

สถานะการชาร์จจะแบ่งออกเป็น state ต่างๆ ตามระดับแรงดันไฟฟ้าฝั่งบวกของสัญญาณ Control Pilot ซึ่งแต่ละ state จะมีรายละเอียด ดังนี้

+12V State A: สถานะรอ (Standby) ของตู้ชาร์จ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยังไม่มียานยนต์ไฟฟ้าเข้ามาเสียบหัวชาร์จ

+9V State B: พบการเชื่อมต่อกับยานยนต์ไฟฟ้า (EV Connected) เกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้เสียบหัวชาร์จเข้ากับยานยนต์ไฟฟ้า

+6V State C: กำลังชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า (EV Charging) หลังจากเสียบหัวชาร์จและยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมสำหรับการชาร์จ วงจรภายในยานยนต์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ Control Pilot เพื่อสื่อสารให้ตู้ชาร์จทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ยานยนต์ไฟฟ้า

+3V State D: กำลังชาร์จให้กับยานยนต์ไฟฟ้าและเปิดระบบระบายอากาศ (EV Charging, Ventilation)

0V State E: พบปัญหาในการชาร์จ (Error)

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

อาดูยโน [9,10] เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือ โปรแกรมต่อก็ได้ด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้ว

เชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือ เพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย งานวิจัยนี้จะใช้ Arduino Uno R3 ซึ่งเป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจ็คและ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD และข้อดีอีกอย่าง คือ กรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 โครงสร้างเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

โครงสร้างเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า จะมีขนาดสูง 150 ซม. กว้าง 50 ซม. และกล่องวงจรควบคุม ยาว 50 ซม. กว้าง 50 ซม. ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM วงจรตรวจจับการอัดประจุ วงจรตรวจวัดกำลังไฟฟ้า สายอัดประจุจอแสดงผล LCD และวงจรรีเลย์และวงจรป้องกันที่ใช้ในการจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ยานยนต์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 โครงสร้างเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่ถ่ายจากภาพจริง



รูปที่ 4 กล่องวงจรควบคุมที่ถ่ายจากภาพจริง

3.2 วงจรอัดประจุ

รูปที่ 5 แสดงวงจรอัดประจุ โดยวงจรนี้ประกอบด้วยหัวอัดประจุ Type-2 เนื่องจากเป็นรุ่นที่เหมาะสมกับยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ในประเทศไทย ในหัวอัดประจุจะมีพินต่างๆ ตามตารางที่

1



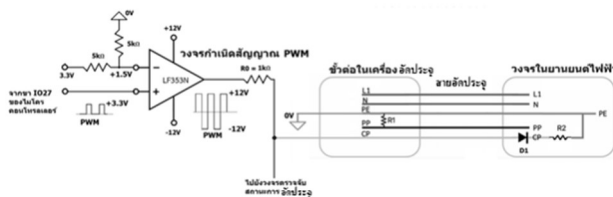
รูปที่ 5 วงจรอัดประจุ

ตารางที่ 1 ตารางอธิบายแต่ละพิน

ชื่อย่อ	ชื่อเต็ม	รายละเอียด
CP	Control Pilot	ขั้วต่อสัญญาณสื่อสารระหว่าง เครื่องอัดประจุกับยานยนต์ไฟฟ้า
PP	Proximity Pilot	ขั้วต่อบอกพิกัดกระแสสูงสุดของ การอัดประจุ
PE	Protective Earth	กราวด์ระบบ
L(1,2,3)	Line Phases 1,2,3	ระบบไฟฟ้าตามลำดับเฟส 1,2,3
N	Neutral	นิวทรัล

3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM

วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM มีหน้าที่ในการสร้างสัญญาณ PWM แบบสองทิศทาง (+12 V และ -12 V) เพื่อใช้ในการสื่อสารกับยานยนต์ไฟฟ้า โดยในช่วงเริ่มต้นที่ยังไม่เสียบสายอัดประจุ เอาท์พุทของวงจรนี้จะมีแรงดันคงที่ขนาด +12V แต่ทันทีที่ตรวจพบการเสียบสายอัดประจุ วงจรนี้จะทำการกำเนิดสัญญาณ PWM โดยทันทีเพื่อเริ่มต้นการสื่อสาร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรกำเนิดสัญญาณ PWM

- ที่ขา Inverting Input (-) ของออปแอมป์เบอร์ LF353N มีการใช้ตัวต้านทานขนาด 5kΩ สองตัวต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อสร้างแรงดันอ้างอิงขนาด +1.5V (อาจใช้ตัวต้านทานค่าอื่นที่มากกว่าหรือน้อยกว่านี้ได้ แต่อย่าให้กระแสมีค่ามากเกินไปจนทำให้เกิดการเกิดกำลังของตัวต้านทานหรือแหล่งจ่ายไฟ และอาจใช้ออปแอมป์เบอร์อื่นได้เช่นกัน เนื่องจากความถี่ของสัญญาณ PWM อยู่ที่ 1 kHz ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำและรองรับได้โดยออปแอมป์ส่วนใหญ่)
- ที่ขา Non Inverting Input (+) ของออปแอมป์เบอร์ LF353N ถูกต่อเข้ากับขา IO07 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณ PWM ที่มีแรงดัน

ขนาด 3.3V, 1kHz (แต่ในช่วงก่อนเสียบสายอัดประจุ ขา IO07 จะยังไม่กำเนิดสัญญาณ PWM แต่จะจ่ายเป็นแรงดันคงที่ขนาด 3.3V)

- จากการเปรียบเทียบแรงดันที่ขาอินพุตทั้งสองของออปแอมป์ เอาท์พุทที่ได้จะเป็นสัญญาณ PWM แบบสองทิศทาง (+12 V และ -12 V), 1kHz (หรือแรงดันคงที่ขนาด 12V ขณะที่ยังไม่เสียบสายอัดประจุ)
- ออปแอมป์จะต้องใช้ไฟเลี้ยงแบบแรงดันคู่ +12 V และ -12 V จึงจะสามารถกำเนิดสัญญาณ PWM ที่มีแรงดันสองทิศทางได้
- แรงดัน PWM (หรือแรงดันคงที่ขนาด 12V) จากออปแอมป์จะถูกป้อนผ่านตัวต้านทาน R0 ในตัวเครื่องชาร์จเข้าสู่ขั้ว Control Pilot (CP) และไปยังวงจรในยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยไดโอด D1 และตัวต้านทาน R2 ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะการทำงาน ดังนี้
- ในสถานะ Standby ที่ยังไม่มีการเสียบสายอัดประจุ วงจรสร้างสัญญาณ PWM จะจ่ายแรงดันคงที่ขนาด +12V
- ในสถานะ Vehicle Detected เมื่อเสียบสายอัดประจุสำเร็จแล้ว R2 ในยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 2.74 kΩ ซึ่งทำให้ขั้ว CP-PE มีสัญญาณ PWM ตกคร่อมเป็น +9V และ -12V
- ในสถานะ Ready (Charging) เมื่อยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมสำหรับการอัดประจุแล้ว R2 ในยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 0.882 kΩ ซึ่งทำให้ขั้ว CP-PE มีสัญญาณ PWM ตกคร่อมเป็น +6V และ -12V

3.4 วงจรปรับตั้งกระแสการอัดประจุสูงสุด

วงจรปรับตั้งกระแสการอัดประจุสูงสุด ใช้ในการตั้งค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถอัดประจุประจุได้ โดยทั่วไปแล้วยานยนต์ไฟฟ้าจะสามารถทราบกระแสการอัดประจุสูงสุดที่ผู้ใช้ต้องการได้ โดยตรวจจบบจากค่า Duty Cycle ของสัญญาณ PWM สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{กระแสอัดประจุสูงสุด} = 0.6 \times \text{PWM Duty Cycle} \quad (1)$$

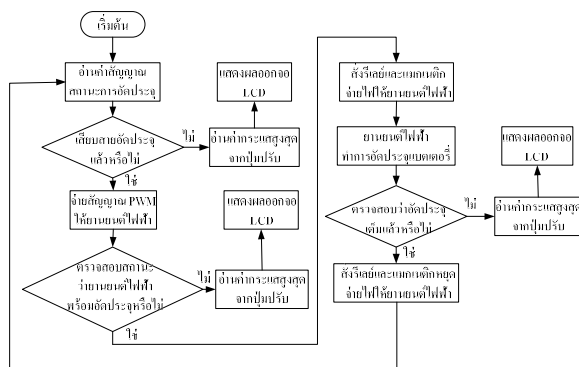
ค่า PWM Duty Cycle และขนาดกระแสการอัดประจุสูงสุด [11] สามารถดูได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า PWM Duty Cycle และขนาดกระแสอัดประจุสูงสุด

PWM Duty Cycle (%)	กระแสอัดประจุสูงสุด (A)
10	6
20	12
30	18
50	30

3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

เริ่มต้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าสัญญาณสถานะการอัดประจุ และตรวจสอบสถานะเสียบสายอัดประจุหรือยัง ถ้าเสียบสายอัดประจุแล้ว จะทำการจ่ายสัญญาณ PWM ให้อยานยนต์ไฟฟ้า แล้วทำการตรวจสอบสถานะว่ายานยนต์ไฟฟ้าพร้อมอัดประจุหรือยัง ถ้าพร้อมแล้ว จะทำการสั่งให้รีเลย์และแมกเนติกจ่ายไฟให้กับยานยนต์ไฟฟ้า จากนั้นยานยนต์ไฟฟ้าจะทำการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ แล้วทำการตรวจสอบว่าแบตเตอรี่เต็มหรือยัง ถ้าเต็มแล้วจะทำการสั่งให้รีเลย์และแมกเนติกหยุดจ่ายไฟให้กับยานยนต์ไฟฟ้า และส่งค่ากระแส และค่าแรงดันไปแสดงยังหน้าจอหน้าจอ LCD แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

3.6 วงจรควบคุมการทำงาน

รูปที่ 8 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ภาคกำลัง และภาคควบคุม ซึ่งมีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้

3.6.1 ภาคกำลัง

ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรรีเลย์และวงจรป้องกัน และยานยนต์ไฟฟ้า ดังนี้

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมีหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 V 50 Hz ให้กับวงจรรีเลย์และวงจรป้องกัน
- วงจรรีเลย์และวงจรป้องกันมีหน้าที่ตัดต่อการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ยานยนต์ไฟฟ้าตามเงื่อนไขของวงจรควบคุม เช่น ปริมาณกระแสสูงสุดที่ตั้งไว้, กระแสรั่วไหล, เปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่
- ยานยนต์ไฟฟ้ามีหน้าที่รับไฟฟ้ากระแสสลับจากสายส่งแล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อการอัดประจุแบตเตอรี่

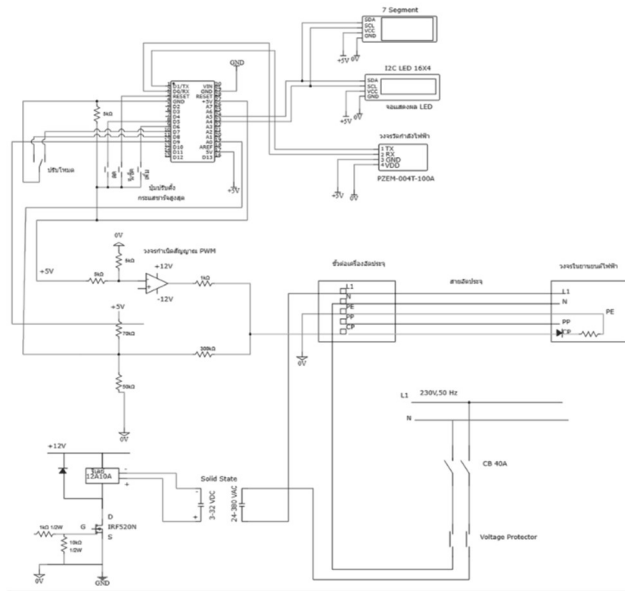
3.6.2 ภาคควบคุม

ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5V/12V ปุ่มปรับกระแสอัดประจุ วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอ่านค่ากระแส วงจรอ่านค่าแรงดัน วงจรสื่อสาร และหม้อแปลงกระแส ดังนี้

- แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 5V/12V มีหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับทุกส่วนในวงจรควบคุม
- ปุ่มปรับกระแสอัดประจุ มีหน้าที่ปรับกระแสอัดประจุที่ผู้ต้องการ โดยจะมีการแสดงค่าบนจอแอลซีดี
- วงจรอ่านค่ากระแส มีหน้าที่ในการอ่านกระแสอัดประจุ AC จากสายส่ง แล้วส่งข้อมูลให้กับวงจรควบคุม
- CT (หม้อแปลงกระแส) มีหน้าที่ในการแปลงกระแสเป็นแรงดัน แล้วป้อนเข้าสู่วงจรอ่านค่ากระแส
- วงจรอ่านค่าแรงดัน มีหน้าที่ในการอ่านแรงดัน AC จากสายส่ง แล้วส่งข้อมูลให้กับวงจรควบคุม

- วงจรควบคุม คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน้าที่ในการควบคุมกระแสอัดประจุ ควบคุมการแสดงผลของจอแอลซีดีรวมทั้งควบคุมวงจรรีเลย์และวงจรป้องกัน

- วงจรสื่อสารมีหน้าที่สื่อสารระหว่างวงจรควบคุมและวงจรภายในยานยนต์ไฟฟ้า โดยส่งข้อมูลต่างๆ เช่น ความพร้อมในการอัดประจุของยานยนต์ไฟฟ้า ปริมาณกระแสอัดประจุที่ผู้ต้องการหรือปริมาณกระแสอัดประจุสูงสุดที่สายส่งรองรับได้ เปอร์เซ็นต์การอัดประจุ เป็นต้น



รูปที่ 8 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

4. ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การทดสอบวงจรนำร่องสัญญาณ การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A และการทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A โดยใช้ทดสอบกับยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ GWM รุ่น ORA GOOD CAT 500 เนื่องจากมี On-Board Charger กระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 6.6 กิโลวัตต์ แสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 9 การทดสอบเครื่องอัดประจุกับยานยนต์ไฟฟ้าที่ถ่ายจากภาพจริง

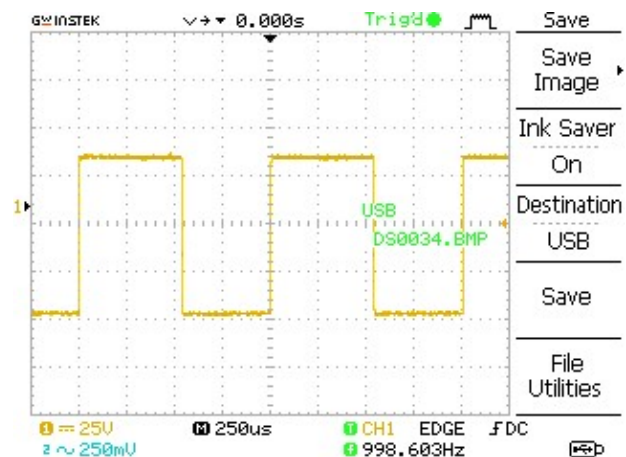


รูปที่ 10 แผงควบคุมยานยนต์ไฟฟ้าขณะทำการอัดประจุที่ถ่ายจากภาพจริง

4.1 การทดสอบวงจรนำร่องสัญญาณ (Control Pilot)

ตารางที่ 3 แรงดันตกคร่อมวงจรนำร่องสัญญาณ (Control Pilot

ลำดับที่	ตัวต้านทาน (kΩ)	แรงดันที่กำหนด (V)	แรงดันที่วัดได้ (V)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
R1	50	1.00	0.41	0.61
R2	300	6.00	5.88	0.25
R3	680	1.00	0.87	0.21
R4	50	3.00	2.10	0.01
R5	50	3.00	2.54	0.09
R6	1	2.00	1.87	0.02
ค่าเฉลี่ย				0.38



รูปที่ 11 รูปคลื่นสัญญาณนำร่อง (Control Pilot)

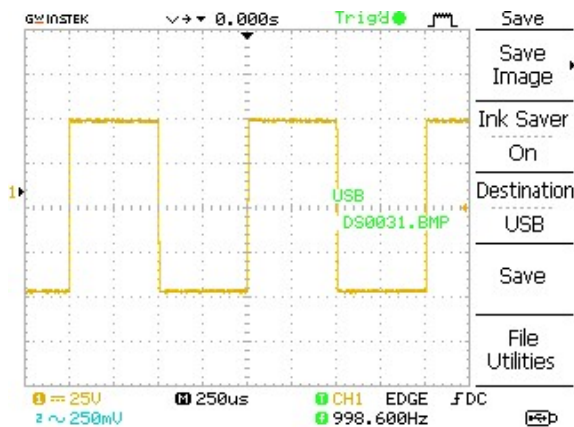
จากการทดสอบ จะพบว่า เพอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ตัวต้านทานแต่ละตัว จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 1 % โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.38 % ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 50 % ดังรูปที่ 11

4.2 การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32

A

ตารางที่ 4 ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A

เวลา (ชั่วโมง)	กระแสที่วัดได้ (A)	ค่าที่วัดได้ (%)	ค่าที่คำนวณได้ (%)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	29.1	10	10	0
2	28.5	19	20	5.00
3	29.4	29	30	3.33
4	28.9	38	40	5.00
5	27.6	49	50	2.00
6	29.8	58	60	3.33
7	29.7	68	70	2.86
8	29.6	78	80	2.50
9	28.9	88	90	2.22
10	29.8	99	100	1.00



รูปที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A

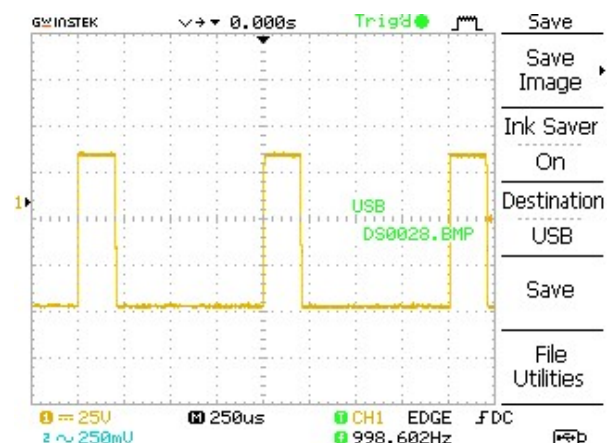
จากการทดสอบ จะพบว่า ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A เพอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 58 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 6 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 10 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 50 % ดังรูปที่ 12

4.3 การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18

A

ตารางที่ 5 ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A

เวลา (ชั่วโมง)	กระแสที่วัดได้ (A)	ค่าที่วัดได้ (%)	ค่าที่คำนวณได้ (%)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	17.6	6	6	0
2	17.5	12	12	0
3	17.6	17	18	5.55
4	17.6	23	24	4.17
5	17.5	29	30	3.33
6	17.8	35	36	2.78
7	17.9	40	42	4.76
8	17.5	46	48	4.17
9	17.7	52	54	3.70
10	17.8	58	60	3.33
11	17.5	64	66	3.03
12	17.6	70	72	2.78
13	17.8	75	78	3.85
14	17.9	82	84	2.38
15	17.6	88	90	2.22
16	17.5	94	96	2.08
17	17.7	100	100	0



รูปที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A

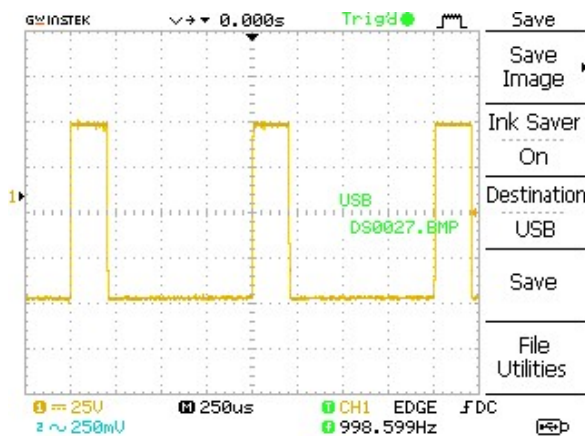
จากการทดสอบ จะพบว่า ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A เพอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 52 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 9 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 100

% จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 17 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 30 % ดังรูปที่ 13

4.4 การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A

ตารางที่ 6 ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A

เวลา (ชั่วโมง)	กระแสที่วัดได้ (A)	ค่าที่วัดได้ (%)	ค่าที่คำนวณได้ (%)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	12.0	4	4	0
4	11.5	16	16	0
8	11.6	31	32	3.12
12	11.8	46	48	4.17
16	11.5	62	64	3.12
20	11.7	78	80	2.50
24	11.6	95	96	1.04
25	11.5	99	100	1.00



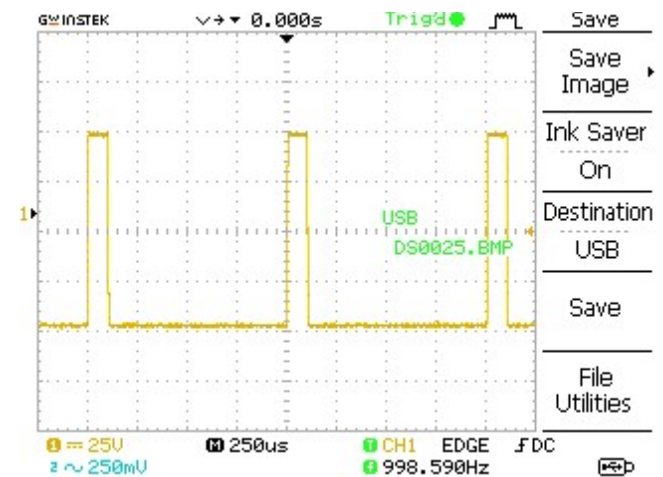
รูปที่ 14 รูปคลื่นสัญญาณขณะที่อัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A

จากการทดสอบ จะพบว่า ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 62 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 16 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 25 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 20 % ดังรูปที่ 14

4.5 การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A

ตารางที่ 7 ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A

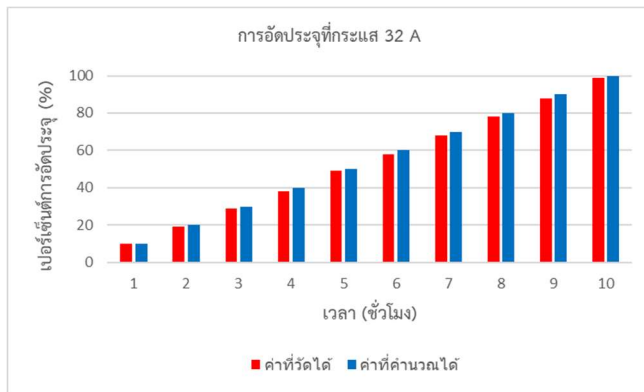
เวลา (ชั่วโมง)	กระแสที่วัดได้ (A)	ค่าที่วัดได้ (%)	ค่าที่คำนวณได้ (%)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	5.6	2	2	0
4	5.5	8	8	0
8	5.7	16	16	0
12	5.6	23	24	4.17
16	5.8	31	32	3.12
20	5.9	38	40	5.00
24	5.6	46	48	4.17
28	5.5	54	56	3.57
32	5.7	62	64	3.12
36	5.8	70	72	2.78
40	5.5	78	80	2.50
44	5.8	86	88	2.72
48	5.5	94	96	2.08
52	5.9	99	100	1.00



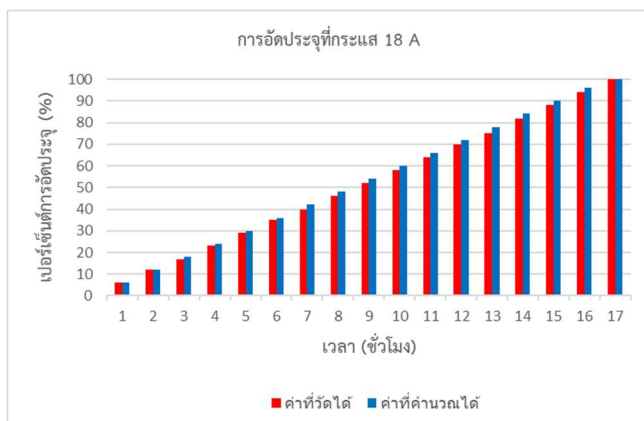
รูปที่ 15 รูปคลื่นสัญญาณขณะที่อัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A

จากการทดสอบ จะพบว่า ระยะเวลาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 54 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 28 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % จะมีระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 52 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 10 % ดังรูปที่ 15

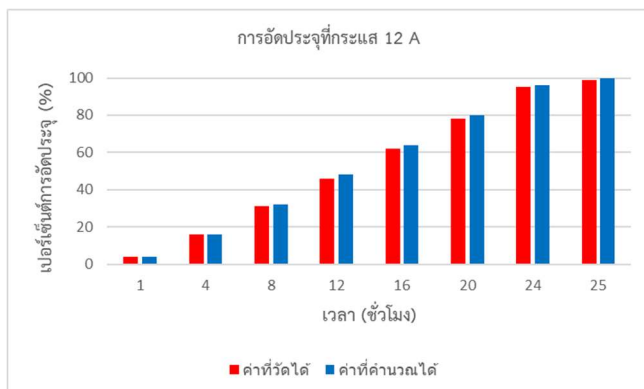
จากผลการทดสอบข้างต้นสามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระยะเวลาการอัดประจุที่กระแสต่างๆ กับเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 16 ถึง รูปที่ 19



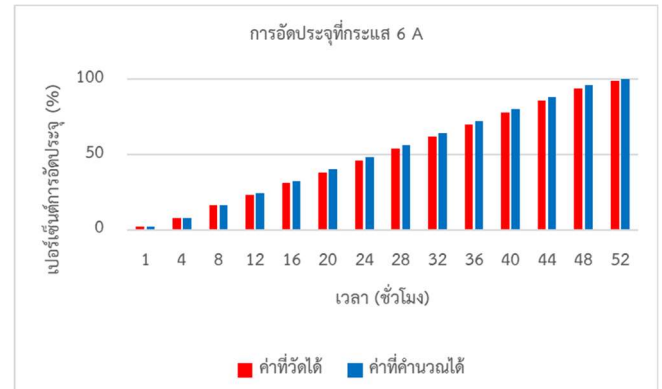
รูปที่ 16 กราฟการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A



รูปที่ 17 กราฟการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A

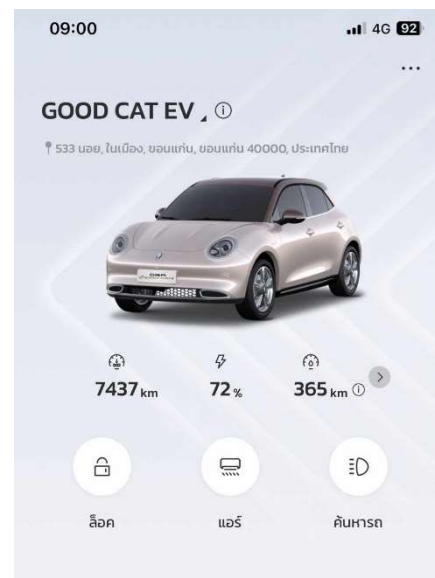


รูปที่ 18 กราฟการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A

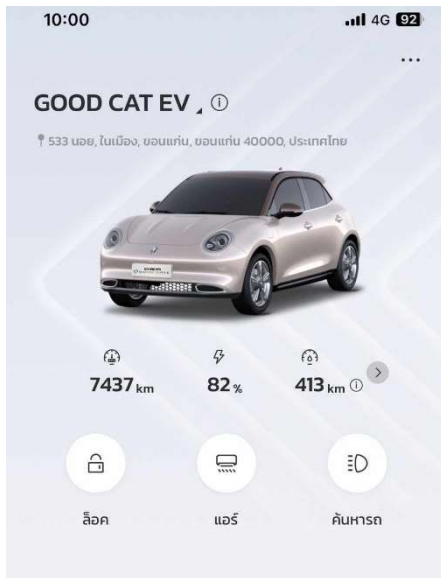


รูปที่ 19 กราฟการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A

ผู้ใช้สามารถดูเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชัน GWM บนสมาร์ตโฟน ที่กระแสขณะอัดประจุ 32 A เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เปอร์เซ็นต์การอัดประจุเพิ่มขึ้น 10 % โดยมีค่าผิดพลาด 4.94 % แสดงดังรูปที่ 20 และ รูปที่ 21



รูปที่ 20 ระยะเวลาการอัดประจุที่กระแส 32 A เวลา 9.00 น. บนสมาร์ตโฟน



รูปที่ 21 ระยะเวลาการอัดประจุที่กระแส 32 A เวลา 10.00 น. บนสมาร์ตโฟน

และทำการทดสอบอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A กับยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NETA รุ่น V ความจุแบตเตอรี่ 40 kWh โดยมี On-Board Charger กระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 6.6 กิโลวัตต์ แสดงดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 การทดสอบเครื่องอัดประจุกับยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NETA ที่ถ่ายจากภาพจริง

ผู้ใช้สามารถดูเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ผ่านหน้าจอบนหน้าจอยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแสขณะอัดประจุ 32 A เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เปอร์เซ็นต์การอัดประจุเพิ่มขึ้น 14 % โดยมีค่าผิดพลาด 12.50 % แสดงดังรูปที่ 23 และ รูปที่ 24



รูปที่ 23 ระยะเวลาการอัดประจุที่กระแส 32 A เวลา 9.15 น. บนหน้าจอยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 24 ระยะเวลาการอัดประจุที่กระแส 32 A เวลา 10.15 น. บนหน้าจอยานยนต์ไฟฟ้า

5. บทสรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า จะพบว่า วงจรนำร่องสัญญาณ (Control Pilot) จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ตัวต้านทานแต่ละตัว เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 1 % โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.38 % ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 50 % และการทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 32 A จะมีเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 58 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 6 ชั่วโมง และ

เปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 10 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 50 % การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 18 A จะมีเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 52 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 9 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 100 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 17 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 30 % การทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 12 A จะมีเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 62 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 16 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 25 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 20 % และการทดสอบขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่กระแส 6 A จะมีเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 54 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 28 ชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่วัดได้ 99 % ระยะเวลาการอัดประจุ เท่ากับ 52 ชั่วโมง ที่ความกว้างพัลส์ เท่ากับ 10 % โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 6 % และผู้ใช้สามารถดูเปอร์เซ็นต์การอัดประจุแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชัน GWM บนสมาร์ตโฟนได้อีกด้วย ในขณะที่เครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้านี้มีต้นทุนที่ประหยัดเหมาะกับการใช้งานทั่วไปในท้องถิ่น บ้านพักอาศัย หรืออาคารสำนักงานที่สามารถจอดยานยนต์ไฟฟ้าเป็นระยะเวลานานๆ ได้ โดยเครื่องอัดประจุที่สร้างขึ้นนี้มีราคาทั้งสิ้น 10,000 บาท เมื่อเทียบกับท้องตลาดจะมีราคาทั้งสิ้น 25,000 บาท ที่กำลังวัดได้เท่ากัน และทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดมลพิษจากฝุ่น PM2.5 ลดควันไอเสีย และมลพิษด้านเสียงได้อีกด้วย ในอนาคตควรเพิ่มวงจรป้องกันสัญญาณรบกวนและเปลี่ยนตัวควบคุมเป็นโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น และทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานน้อยที่สุดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานวิจัยยานยนต์ไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาเอกวิศวกรรมยานยนต์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ เครื่องมือและสถานที่ในการทดสอบ ขอขอบคุณอาจารย์นิติคม อริยพิมพ์ ที่เอื้อเฟื้อยาน

ยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ GWM รุ่น ORA GOOD CAT 500 และอาจารย์ณัฏ เอกเกื้อกุล ที่เอื้อเฟื้อยานยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ NETA รุ่น V ในการทดสอบด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. Study of electric charging equipment technology for automobiles sit using electricity. Final report: Period 15th November 2016 – 15th September 2017.
- [2] Project manual for developing a battery charging station development plan for electric vehicles. Office of Policy and Planning Energy, Ministry of Energy. 1st Printing; 2022.
- [3] Fitzgerald G. *Electric Vehicle Charging Infrastructure*. Electricity, Rocky Mountain Institute; 2020.
- [4] Rachid A, Fadil HE, Gaouzi K, Rachid K, Lassioui A, Idrissi ZE, et al. Electric Vehicle Charging Systems: Comprehensive Review. *Energies*; 16(1):255.
- [5] Joshi A, Somaiya V, Hariram AT, Hussain M. Electric vehicle charging station. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. 2021; 8(4): 122-128.
- [6] Amry Y, Elbouchikhi E, Gall FL, Ghogho M, Hani SE. Electric vehicle traction drives and charging station power electronics: Current status and challenges. *Energies*, 2022;15(6037).
- [7] N-Squared Engineering. ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการอัดประจุไฟฟ้า. เข้าถึงได้จาก: <https://www.n-squared.co.th/post/charging-system-for-electric-vehicles> [เข้าถึงเมื่อ 7 กันยายน พ.ศ.].
- [8] NECTEC. ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการสื่อสารของตู้ชาร์จกับยานยนต์ไฟฟ้า. เข้าถึงได้จาก: <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/ev-charger-standard.html> [เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2566].
- [9] Deephang A, Addoddorn C, Durongdumrongchai P. Construction of automatic line follower

document transporting robot controlled by microcontroller. In: *Proceeding of 12th National Conference on Engineering, Science, Technology and Architecture*. Khonkaen, Thailand: 2021. p.166-171.

- [10] Deephan A, Addoddorn C. The Design construction of automated 3 speed level panel cleaning machine controlled by microcontroller. *JEET*. 2022; 9(1): 56-69.
- [11] NECTEC. ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานหัวชาร์จแบบ กระแสสลับของประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก: www.nectec.or.th/wp-content/uploads/2022/06/มาตรฐาน-EV-Charger-ในประเทศไทย-2022_final.pdf [เข้าถึงเมื่อ 13 ธันวาคม พ.ศ.2566].