บทความวิจัย

การศึกษาผลกระทบจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าสำหรับการประกอบธุรกิจในภาคเอกชน

ปัญญา เข็มมุข* สุรกิจ ทองสุก และ ประยุทธ อินแบน
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 3598 3177 อีเมล: panya.khe@rru.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.005
รับเมื่อ 10 กันยายน 2563 แก้ไขเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2563 ตอบรับเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 21 มีนาคม 2565
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การศึกษาผลกระทบจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าสำหรับการประกอบธุรกิจในภาคเอกชน เพื่อเป็นแนวทางศึกษาให้กับผู้ประกอบการภาคเอกชนที่สนใจจะติดตั้งและให้บริการเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานเพื่อจำหน่าย และเพื่อให้ผู้ประกอบการภาคเอกชนได้ทราบถึงผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า โดยทำการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ ของตัวอย่างระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่มีการใช้งานจริง รวมถึงค่าปริมาณทางไฟฟ้าอื่นๆ ของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าด้วย ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าก่อนเข้าเครื่องอัดประจุแบบ 3 เฟส ค่ากระแสไฟฟ้าขาเข้าแบบ 3 เฟส ค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า ค่า %SOC ของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า (THDv) ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า (THDi) ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้า (f) และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (p.f.) ของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า ค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้า โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยระหว่างเฟสของระบบเท่ากับ 395.25 โวลต์ หรือค่าเฉลี่ยต่อเฟสเท่ากับ 228.20 โวลต์ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.16% ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.51% ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 50.03 เฮิรตซ์ และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องอัดประจุเท่ากับ 0.99 จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าในขณะที่เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานทำงาน ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง หรือต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าลูกเดียวกัน ผลที่ได้นี้สามารถเป็นกรณีศึกษาให้กับผู้ประกอบการภาคเอกชนที่มีความต้องการในการติดตั้งและให้บริการเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานเพื่อจำหน่าย ซึ่งเป็นการส่งเสริมมาตรการการเพิ่มปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศ

คำสำคัญ: รถยนต์ไฟฟ้า เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐาน มาตรฐานการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

การอ้างอิงบทความ: ปัญญา เข็มมุข, สุรกิจ ทองสุก และ ประยุทธ อินแบน, "การศึกษาผลกระทบจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าสำหรับการประกอบธุรกิจในภาคเอกชน," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 2565, doi: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.005.

Research Article

The Impact Study of Electric Vehicle Quick Charger to Electrical System for Business in Private Sector

Panya Khemmook*, Surakit Thongsuk and Prayuth Inban
Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Chachoengsao, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 3598 3177, E–mail: panya.khe@rru.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.005
Received 10 September 2020; Revised 23 November 2020; Accepted 18 February 2021; Published online: 21 March 2022
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This paper presents the study of electric vehicle quick charger impact on electrical system for private business sector. The purposes of this study are: 1) to prepare guidelines for private entrepreneurs interested in installing a multi-standard quick charger to service EV and 2) to inform private entrepreneurs about the electrical effect from the operation of the electric vehicle battery charger. This presents by measuring the electrical quantity of the electrical system samples equipped with a practical multi-standard fast electric vehicle battery charger as well as other electrical parameters of the electric vehicle battery charger. This study analyzes the effects on the power system by measuring the parameters of the installed EV multi-standard quick charger consisting of 3-phase input voltage, 3-phase input current, input power, state of charge (%SOC), total voltage harmonic distortion (THDv), total current harmonic distortion (THDi), frequency (f), and power factor (p.f.). From the study, the various electrical parameters follow the standards of the Electricity Authority with the following parameters: the system phase-to-phase average voltage of 395.25 V, phase average voltage of 228.20 V, average voltage waveform distortion of 0.16%, average current waveform distortion of 0.51%, the average system frequency of 50.03 Hz, and the average power factor of the charger of 0.99. The results of the study show that there is no effect on the grid system during the operation of a number of standard fast electric vehicle battery chargers. In addition, there is no effect on the power distribution system or nearby users or connected appliances receiving power from the same transformer. The results of the study can be used to guide private entrepreneurs to be assured with installing a multi-standard quick charger to service EV resulting in encouraging the use of EVs in the country.

Keywords: Electric Vehicle (EV), EV Multi-standard Quick Charger, EV Quick Charging Standard

Please cite this article in press as: P. Khemmook, S. Thongsuk, and P. Inban, "The impact study of electric vehicle quick charger to electrical system for business in private sector," *The Journal of KMUTNB*, 2022 (in Thai), doi: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.005.

1. บทนำ

การใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันของประเทศไทยได้มีการเพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย คือ มาตรการการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาล ซึ่งเห็นได้จากแผนอนุรักษ์พลังงาน ปี 2558–2579 (Energy Efficiency Plan; EEP 2015) [1], [2] โดยมีเป้าหมายส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศรวมทั้งสิ้น 1.2 ล้านคัน ภายในปี 2579

ถึงแม้ปริมาณการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังถือว่ามีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณยานยนต์ที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมัน เนื่องจากปริมาณสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันยังมีค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้หน่วยงานของภาครัฐโดยเฉพาะการไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เร่งติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานเป็นจำนวนมาก เพื่อรองรับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของประชาชน ครอบคลุมทุกมาตรฐานการอัดประจุ และลดเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้สั้นลง

การติดตั้งสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานในแต่ละแห่งนั้นใช้งบประมาณที่ค่อนข้างสูง จึงเป็นไปไม่ได้ที่ภาครัฐจะใช้งบประมาณในการติดตั้งสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าให้ครอบคลุมกับความต้องการใช้งานของประชาชน ดังนั้น สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) จึงอนุญาตให้ภาคเอกชนสามารถติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายได้ โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของ กกพ. และต้องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้าของสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า [3]

ในบทความวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าสำหรับการประกอบธุรกิจในภาคเอกชน โดยได้ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของแรงดันไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของกระแสไฟฟ้า ความถี่ของระบบไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุไฟฟ้า พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว สำหรับข้อมูลที่ได้จะช่วยให้ภาคเอกชนที่สนใจติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่เพื่อจำหน่าย ทราบถึงผลกระทบเบื้องต้นที่จะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าเมื่อมีการใช้งานสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ และสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วของภาคเอกชนได้

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 แนวทางเบื้องต้นในการติดตั้งและการให้บริการสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย

ภาคเอกชนหรือผู้ประการที่สนใจติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายต้องทำการขออนุญาตสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เพื่อขอประกอบกิจการสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย โดยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือ “ประกอบกิจการสถานีอัดประจุไฟฟ้า สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (EV)” ของ กกพ. [4]

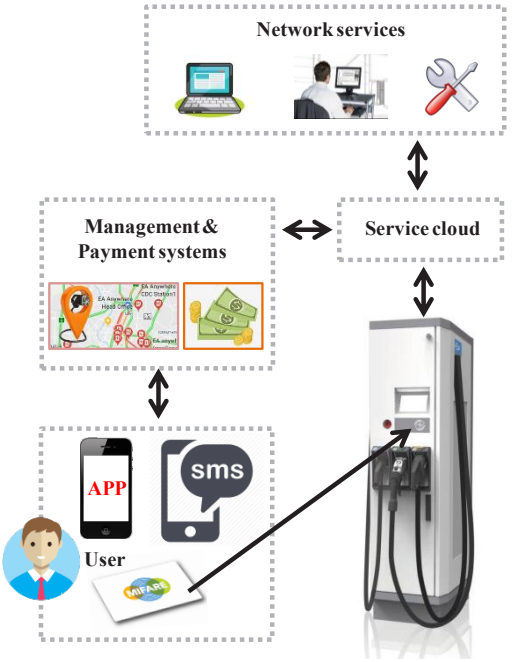
เมื่อผู้ประกอบการดำเนินการขออนุญาตและติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ประกอบการสามารถให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แก่ผู้ที่ต้องการใช้บริการได้ 2 รูปแบบ คือ การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออฟไลน์ และการให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออนไลน์ ซึ่งการให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยทั่วไปสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1

2.1.1 การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออฟไลน์

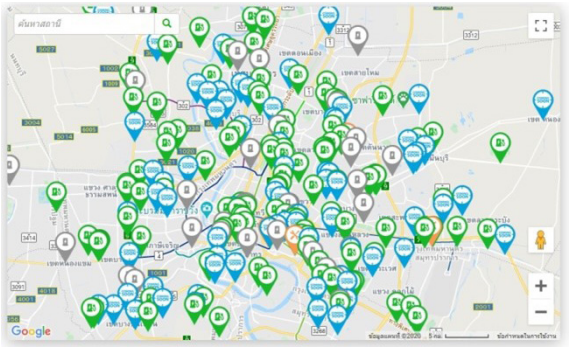
การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออฟไลน์จะเป็นการให้บริการในลักษณะที่ไม่มีการแสดงสถานีอัดประจุแบตเตอรี่บนเว็บไซต์แผนที่ (Map) การคิดค่าบริการอัดประจุแบตเตอรี่ส่วนใหญ่จะใช้ระบบเติมเงินผ่านคีย์การ์ด (Key Card) การแจ้งยอดผ่านระบบ SMS และชำระค่าบริการด้วยการโอนเงิน หรือชำระค่าบริการในรูปแบบของเงินสด

2.1.2 การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออนไลน์

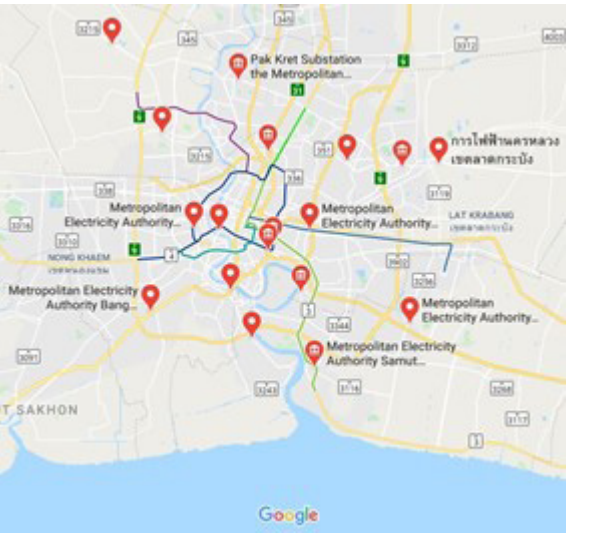
การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออนไลน์จะ



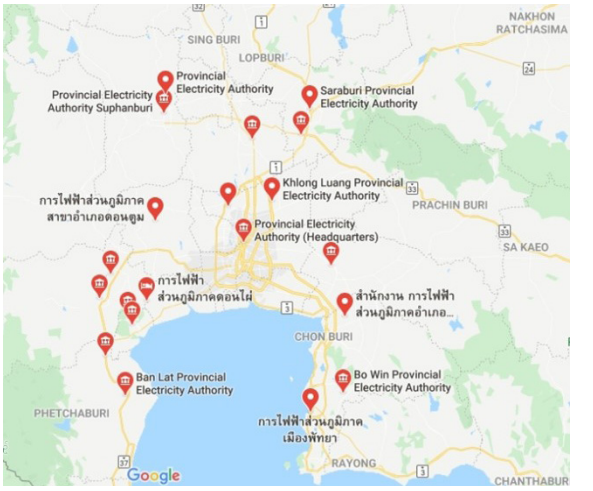
รูปที่ 1 การให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2 เว็บไซต์แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่บริเวณกรุงเทพมหานคร ของบริษัท EA Anywhere [5]



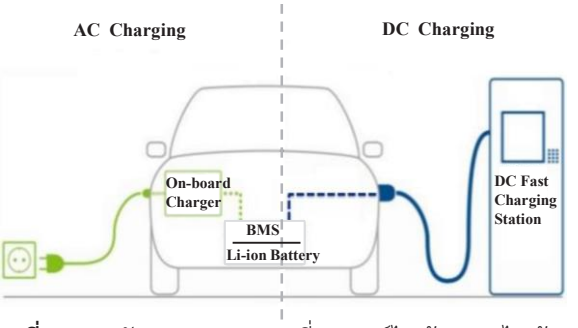
รูปที่ 3 เว็บไซต์แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ของการไฟฟ้านครหลวง [6]



รูปที่ 4 เว็บไซต์แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [7]

เป็นการให้บริการในลักษณะที่มีการแสดงสถานีอัดประจุแบตเตอรี่บนเว็บไซต์แผนที่ หรือให้บริการในรูปแบบของแอปพลิเคชัน (Application) ในสมาร์ตโฟนทั้งในระบบปฏิบัติการ Android หรือระบบปฏิบัติการ iOS สำหรับผู้ประกอบการที่ติดตั้งสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าเรียบร้อยแล้วสามารถแสดงสถานีอัดประจุแบตเตอรี่ของตนผ่านทางเว็บเซิร์ฟเวอร์ของหน่วยงานภาครัฐหรือบริษัทเอกชนที่มีการให้บริการ เช่น บริษัท EA Anywhere การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดังแสดงในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4

ผู้ประกอบการที่เปิดให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่แบบออนไลน์จะไม่ได้รับค่าบริการจากผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าโดยตรง แต่จะได้รับค่าบริการจากองค์กรที่ผู้ประกอบการเข้าร่วม ซึ่ง



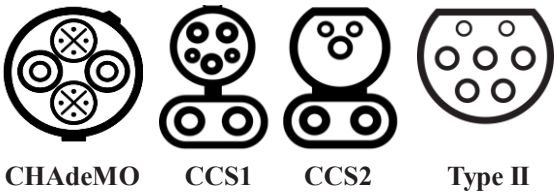
รูปที่ 5 การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวนำสายไฟ [8]

ผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าจะชำระเงินค่าบริการในรูปแบบการโอนเงิน การชำระเงินผ่านระบบแอปพลิเคชัน หรือการเติมเงินผ่านระบบคีย์การ์ด ให้กับองค์กรที่เป็นเจ้าของเว็บเซิร์ฟเวอร์ หลังจากนั้นองค์กรที่เป็นเจ้าของเว็บเซิร์ฟเวอร์จะให้ค่าตอบแทนกับผู้ประกอบการตามที่ได้ตกลงกันไว้

2.2 มาตรฐานการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว

การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าที่สถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยจะอยู่ในรูปแบบการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านตัวนำสายไฟฟ้า โดยนำเต้าเสียบของเครื่องอัดประจุเสียบไปยังเต้ารับที่ติดตั้งอยู่ภายในรถยนต์ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 5 สำหรับการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้านั้น จะมีทั้งการอัดประจุแบตเตอรี่แบบใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งพิกัดกำลังไฟฟ้า พิกัดแรงดันไฟฟ้า และพิกัดกระแสไฟฟ้า จะแตกต่างกันตามที่แต่ละมาตรฐานได้กำหนดไว้

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่มีการติดตั้งใช้งานจริงในปัจจุบัน โดยทั่วไปแล้วใน 1 เครื่อง จะประกอบด้วยมาตรฐานการอัดประจุ 3 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน CHAdeMO มาตรฐาน CCS และมาตรฐาน Type II โดยกำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของมาตรฐาน CHAdeMO และมาตรฐาน CCS คือ 50 กิโลวัตต์ ส่วนกำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของมาตรฐาน Type II คือ 43 กิโลวัตต์



รูปที่ 6 เต้าเสียบและเต้ารับของมาตรฐาน CHAdeMO มาตรฐาน CCS และมาตรฐาน Type II

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานส่วนใหญ่ที่ใช้งานในปัจจุบันจะสามารถให้บริการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับได้ในเวลาเดียวกัน นั้นหมายความว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐาน คือ 93 กิโลวัตต์ และเมื่อมีการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าด้วยระบบไฟฟ้ากระแสตรงไปแล้ว 1 มาตรฐาน ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐาน CHAdeMO หรือมาตรฐาน CCS มาตรฐานที่เหลืออีก 1 มาตรฐาน จะไม่สามารถใช้งานได้ นั้นหมายความว่า มาตรฐานการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสตรงของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานจะสามารถใช้งานได้ทีละ 1 มาตรฐานเท่านั้น สำหรับรูปที่ 6 เป็นการแสดงลักษณะเต้าเสียบและเต้ารับของมาตรฐานการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วแบบต่างๆ โดยรายละเอียดเบื้องต้นของแต่ละมาตรฐานสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 มาตรฐาน CHAdeMO

CHAdeMO ย่อมาจาก “CHArge de MOve” เป็นมาตรฐานที่พัฒนาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน IEC 62196-2 (Type 3) การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน CHAdeMO จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง มีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 62.5 กิโลวัตต์ พิกัดแรงดันไฟฟ้า 500 โวลต์ และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 125 A [9]–[13] สำหรับตัวอย่าง

รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้มาตรฐาน CHAdeMO ได้แก่ Nissan LEAF, Mitsubishi i-MiEV, Kia Soul EV และ Tesla Model x เป็นต้น [14]

2.2.2 มาตรฐาน CCS (SAE Combo)

มาตรฐาน CCS เป็นมาตรฐานหลักที่มีการใช้งานในยุโรปและอเมริกา ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน IEC 62196-2 (Type 3) การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าตามมาตรฐาน CCS จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีพิกัดกำลังสูงสุด 90 กิโลวัตต์ พิกัดแรงดันไฟฟ้า 300–600 โวลต์ และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 150 แอมป์ [9]–[13] สำหรับตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้มาตรฐาน CCS ได้แก่ BMW i3, Chevrolet Spark EV และ Volkswagen e-Golf เป็นต้น [14]

2.2.3 มาตรฐาน Type II

มาตรฐาน Type II เป็นมาตรฐานที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าซึ่งอยู่ในมาตรฐานสากล IEC 62196-2 (Type 2) ในกรณีที่อัดประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 250 โวลต์ และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 70 แอมป์ แต่สำหรับในกรณีที่อัดประจุแบตเตอรี่ด้วยระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จะมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด คือ 480 โวลต์ และมีพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด คือ 63 แอมป์ [9], [11]–[13], [15], [16] สำหรับตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้มาตรฐาน Type II ได้แก่ Nissan LEAF, Mitsubishi i-MiEV, Kia Soul EV, Tesla Model x BMW i3, Chevrolet Spark EV และ Volkswagen e-Golf เป็นต้น [14]

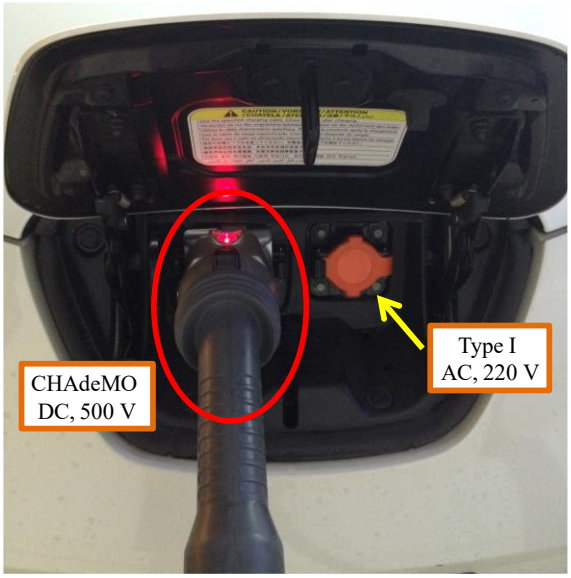
2.3 มาตรฐานการติดตั้งและการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

สำหรับมาตรฐานการติดตั้ง และการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนและชัดเจน ดังนั้นผู้ประกอบการภาคเอกชนที่อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ ต้องดำเนินการตามคำแนะนำการติดตั้ง และมาตรฐานทางไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง สำหรับผู้ประกอบการภาคเอกชนที่ไม่อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ ต้องดำเนินการตามคำแนะนำการติดตั้ง และมาตรฐานทางไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค นอกจากนี้แล้วยังมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือ สมอ. เป็นผู้กำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ได้แก่ มาตรฐานอุปกรณ์เต้าเสียบ และเต้ารับของยานยนต์ไฟฟ้า มาตรฐานระบบการประจุไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า มาตรฐานระบบสื่อสารระหว่างสถานีอัดประจุไฟฟ้ากับยานยนต์ไฟฟ้า ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าของสถานีอัดประจุไฟฟ้า มาตรฐานความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐานด้านสมรรถนะของยานยนต์ไฟฟ้า หากมีสิ่งอื่นใดที่ไม่ได้ระบุไว้ตามมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง มาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าของ สมอ. การติดตั้งและการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของสภาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือ วสท. เท่านั้น [3], [4]

2.4 เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่ศึกษาในบทความวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 ประกอบด้วยมาตรฐาน CHAdeMO และมาตรฐาน CCS โดยมีพิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด คือ 50 กิโลวัตต์ เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานนี้ถูกติดตั้งในบริเวณที่จอดรถของอาคารที่มีการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,000 กิโลโวลต์แอมป์ ในบทความวิจัยนี้จะมุ่งเน้น และนำเสนอผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการทำงานของมาตรฐาน CHAdeMO ซึ่งมีพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาด 50 กิโลวัตต์ โดยทำงานร่วมกับรถยนต์ไฟฟ้ายี่ห้อ Nissan Leaf ที่ใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนขนาด 24 กิโลวัตต์ชั่วโมง สามารถรองรับการอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วได้ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 50 กิโลวัตต์ (Rapid Charging Capability) และรองรับการอัดประจุแบบธรรมดาขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า 3.6 กิโลวัตต์ (On-board Charger) ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 7 เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่ได้ทำการศึกษาวิจัย



รูปที่ 8 เต้ารับสำหรับการอัดประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในรถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf

ปกติการอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าจะทำเฉพาะในช่วงที่ %SOC ของแบตเตอรี่มีค่า 20–80% โดยใช้วิธีการอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current) ส่วนในช่วงที่ %SOC ของแบตเตอรี่มีค่ามากกว่า 80% จะเป็นการอัดประจุแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage) ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดประจุจะลดลง เพื่อลดความร้อนที่สะสมภายในแบตเตอรี่ และช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น ส่วนใหญ่การอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วจะใช้เวลาประมาณ 15–20 นาที ทั้งนี้เวลาที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่ด้วย สำหรับเวลาที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในช่วง %SOC ของแบตเตอรี่มีค่า 20–80% หรือในช่วงการอัดประจุแบบกระแสไฟฟ้าคงที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) [17]

$$T = [(80\% - \%SOC)/100\%] \times \frac{E_{Battery}}{P_{Charger}} \times 60 \qquad (1)$$

โดยที่

T คือ เวลาที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (นาที)

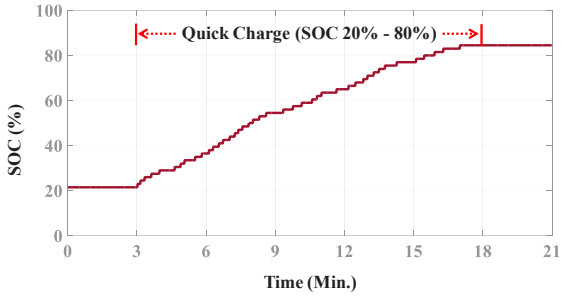
$\%SOC$ คือ ค่าพลังงานที่สะสมในแบตเตอรี่ ณ เวลาที่เริ่มทำการอัดประจุ (%)

$E_{Battery}$ คือ พิกัดความจุพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

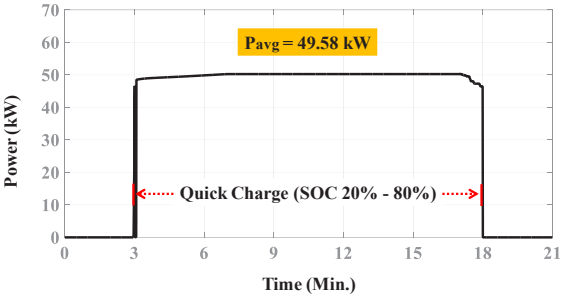
$P_{Charger}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุ (กิโลวัตต์)

3. ผลการทดลอง

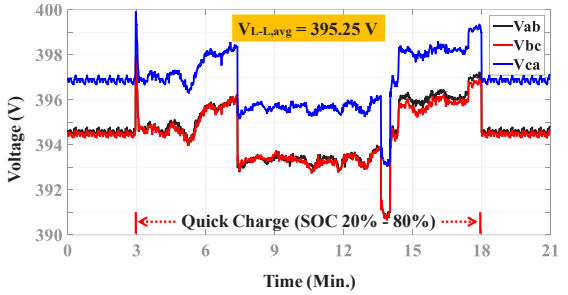
การศึกษาผลกระทบทางไฟฟ้าจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วในบทความวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่าต่างๆ ที่สำคัญทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าก่อนเข้าเครื่องอัดประจุแบบ 3 เฟส ค่ากระแสไฟฟ้าขาเข้าแบบ 3 เฟส ค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า ค่า %SOC ของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า (THDv) ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า (THDi) ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้า (f)



รูปที่ 9 ค่า %SOC ของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

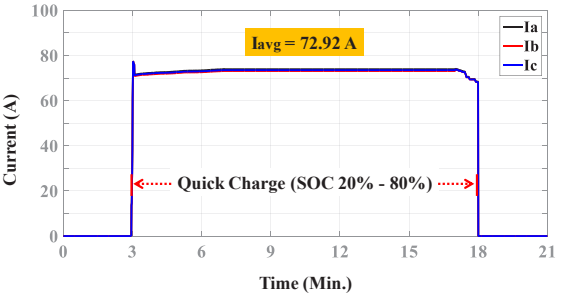


รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าขาเข้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

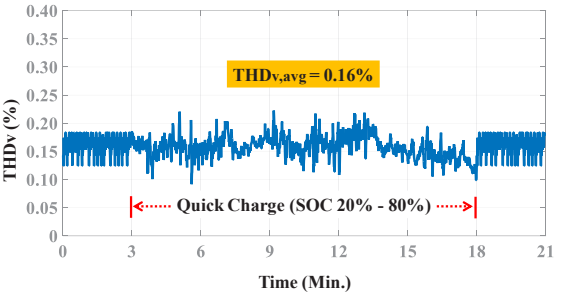


รูปที่ 11 แรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าก่อนเข้าเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

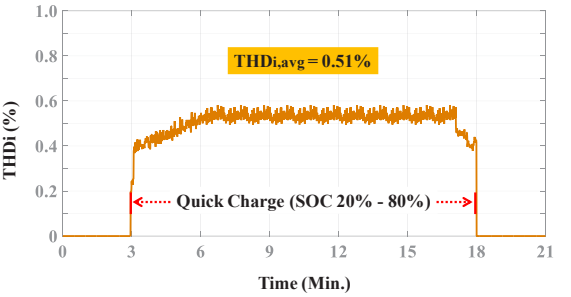
และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (p.f.) ของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า ในการทดสอบจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและเก็บผลข้อมูล คือ เครื่อง Power Quality Meter ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8332 ซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 16



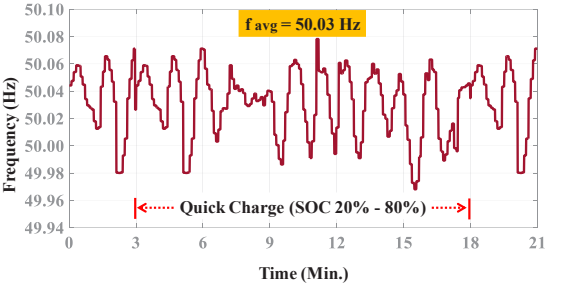
รูปที่ 12 กระแสไฟฟ้าขาเข้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า



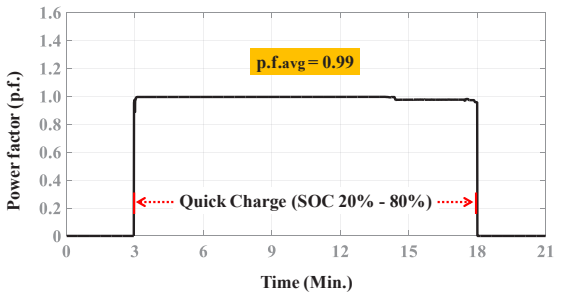
รูปที่ 13 ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 14 ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 15 ค่าความถี่แรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า



รูปที่ 16 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

4. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วมาตรฐาน CHAdeMO พิกัดกำลังไฟฟ้าขนาด 50 กิโลวัตต์ กับรถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf ที่ใช้ระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนขนาด 24 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในช่วง %SOC ของแบตเตอรี่มีค่า 20–80% พบว่า การทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วไม่ส่งผลกระทบใดๆ ต่อระบบไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ผู้ใช้ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าลูกเดียวกันกับเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว โดยค่าปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้าที่ได้จากการวัดของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้า [18], [19] และสามารถอภิปรายผลการทดสอบได้ดังนี้

1) ค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสของระบบไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 11 มีค่ามากกว่าระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่การไฟฟ้ากำหนด คือ 342 โวลต์ สำหรับมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ 362 โวลต์ สำหรับมาตรฐานของการไฟฟ้านครหลวง (ระดับแรงดันไฟฟ้าปกติของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คือ 342–418 โวลต์ และระดับแรงดันไฟฟ้าปกติของการไฟฟ้านครหลวง คือ 362–416 โวลต์) ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดพบว่า ไม่เกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าตกขณะที่มีการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว ดังนั้น การทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วจึงไม่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของอาคารหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าลูกเดียวกัน และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงด้วย

2) ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า และค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 13 และรูปที่ 14 มีค่าไม่เกิน 5% เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้า ทำให้ไม่เกิดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าขึ้นกับระบบไฟฟ้าหรือระบบจำหน่าย และไม่มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียงที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบไฟฟ้า

3) ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 15 อยู่ในช่วงปกติ คือ 47–52 เฮิรตซ์ โดยมีค่าคงที่ประมาณ 50.03 เฮิรตซ์ ดังนั้น การทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่ได้ทำการศึกษานี้จึงไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางความถี่ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4) ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ที่ได้ทำการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 16 มีค่าใกล้เคียง 1 โดยมีค่ามากกว่า 0.85 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า ซึ่งข้อดีของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ คือ สามารถช่วยลดการใช้กำลังไฟฟ้าเสมือนในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ช่วยลดปริมาณกระแสไฟฟ้าและการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่งและหม้อแปลงไฟฟ้าได้ ช่วยลดค่าไฟฟ้าของผู้ประกอบการและหลีกเลี่ยงการถูกปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่ามาตรฐานจากการไฟฟ้า

สำหรับเวลาที่ใช้ในการอัดประจุตามทฤษฎีดังแสดงในสมการที่ (1) คือ 17.28 นาที โดยที่พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่แบบรวดเร็วเท่ากับ 50 กิโลวัตต์ ขนาดระบบสะสมแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนของรถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf เท่ากับ 24 กิโลวัตต์ชั่วโมง และค่า %SOC ของแบตเตอรี่ที่อัดประจุอยู่ในช่วง 20–80% แต่ผลการทดสอบที่ได้พบว่า เวลาที่ใช้ในการอัดประจุมีค่าประมาณ 15 นาที ซึ่งไม่เป็นไปตามทฤษฎี เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้า Nissan Leaf ที่ใช้ในการทดสอบได้ผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่งแล้วจึงทำให้

ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง ทำให้เวลาที่ใช้ในการอัดประจุไม่เป็นไปตามทฤษฎี

บทความนี้นำเสนอ การศึกษาผลกระทบจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าสำหรับการประกอบธุรกิจในภาคเอกชน โดยยกตัวอย่างการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานที่มีการติดตั้งใช้งานจริงของภาคเอกชน เพื่อเป็นแนวทางศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหากมีการติดตั้งเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานเพื่อจำหน่าย ผลการศึกษาพบว่า ค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้า และไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า ผู้ใช้ไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รับไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าลูกเดียวกัน ทำให้เจ้าของอาคารหรือผู้ที่สนใจสามารถติดตั้งเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้าได้ แต่ทั้งนี้การติดตั้งเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานต้องคำนึงถึงปริมาณโหลดของอาคาร เพื่อไม่ให้เกินพิกัดการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า และคำนึงถึงความปลอดภัยในด้านต่างๆ ของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็วหลายมาตรฐานด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Energy policy and planning office, “Energy efficiency plan; EEP 2015,” Ministry of Energy, Chatuchak, Bangkok, Rep. EEP2015, 2015 (in Thai).

[2] S. Siengchin, T. Boonyasopon, C. Tongprasit, P. Boonyasopon, K. Piboon, T. Roopsing, and S. Wisuttipaet, “Feasibility of electric bus implementation for long-distance public transportation,” *The Journal of KMUTNB*, vol. 27, no. 4, pp. 855–870, 2017 (in Thai).

[3] *EV charging station guide*, 1st ed., Energy Regulatory Commission, Pathumwan, Bangkok, 2018 (in Thai).

[4] *EV charging station handbook*, 1st ed., Energy Regulatory Commission, Pathumwan, Bangkok, 2018. (in Thai).

[5] Energy Mahanakhon Co. Ltd. (2020, August). *EA Anywhere Charging Station* [Online]. Available: https://www.eaanywhere.com/maps

[6] Metropolitan Electricity Authority. (2020, August). MEA Station [Online]. Available: https://www.google.com/maps/search/MEA+Station/@13.7416546,100.3959281,10.39z/data=!4m3!2m2!5m1!4e9

[7] Provincial Electricity Authority. (2020, August). PEA Station [Online]. Available: https://www.google.com/maps/search/PEA+Station/@13.687246,99.8867003,9z/data=!3m1!4b1

[8] U. Prasanna, A. Singh, and K. Rajashekara, “Novel bidirectional single-phase single-stage isolated AC–DC converter with PFC for charging of electric vehicles,” *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 3, no. 3, pp. 536–544, 2017.

[9] G. R. C. Mouli, J. Kaptein, P. Bauer, and M. Zeman, “Implementation of dynamic charging and V2G using Chademo and CCS/Combo DC charging standard,” presented at the 2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), Dearborn, MI, USA, June 27–29, 2016,

[10] *Plugs, Socket-outlets, Vehicle Connectors and Vehicle Inlets (Conductive Charging of Electric Vehicles - Part 3: Dimensional Compatibility and Interchangeability Requirements for Dedicated D.C. and Combined A.C./D.C. Pin and Contact-tube Vehicle Couplers)*, IEC62196-3, 2014.

[11] M. C. Falvo, D. Sbordonel, S. Bayram, and M. Devetsikiotis, "EV charging stations and modes: International standards," in *Proceedings 2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM 2014)*, 2014, pp. 1134–1139.

[12] *Electric Vehicle Charging Stations Technical Installation Guide*, 2nd ed., Hydro-Québec, Montreal, Canada, 2015.

[13] *Plug-In Electric Vehicle Handbook for Public Charging Station Hosts*, 1st ed., The National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, Colorado, United States, 2012.

[14] Zach. (2015, September). Electric Car Charging 101-ypes of Charging, Charging Networks, APPS, & More!. [Online]. Available: https://evobsession.com/electric-car-charging-101-types-of-charging-apps-more/

[15] *Plugs, Socket-outlets, Vehicle Connectors and Vehicle Inlets (Conductive Charging of Electric Vehicles - Part 2: Dimensional Compatibility and Interchangeability Requirements for A.C. Pin and Contact-tube Accessories)*, IEC62196-2, 2016.

[16] M. Bertoluzzo, G. Buja, and G. Pede, "Design considerations for fast AC battery chargers," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 6, no. 27, pp. 147–154, 2013.

[17] P. Jumpeethong and S. Khomfoi, "An EV quick charger based on CHAdeMO standard with grid-support function," in *Proceedings 2015 18th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2015)*, 2015, pp. 531–536.

[18] *PEA Technical Standards, Technical Standards*, 2016 (in Thai).

[19] *MEA Technical Standards,Technical Standards*, 2015 (in Thai).