



การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรยางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า
ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

วิทยานิพนธ์
ของ
มงคล เกตวงษา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรยางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า
ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

วิทยานิพนธ์
ของ
มงคล เกตวงษา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
เมษายน 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

STUDY ON EFFECTS OF ELECTRIC TRAM ENERGY TRANSFER SYSTEM
INTO THE POWER GRID DURING PEAK DEMAND PERIODS

BY
MONGKOL GETWONGSA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Master of Engineering Degree in Engineering
at Sakon Nakhon Rajabhat University

April 2025

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรောင်ไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า
ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด
ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ มงคล เกตวงษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตยา สมสัย) และผู้ทรงคุณวุฒิ	ประธานกรรมการสอบ	 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ)	กรรมการสอบและ ประธานที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์
..... (รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิทย์ บุญเกิดรัมย์) แต่งตั้งเพิ่มเติม	กรรมการสอบ	 (ดร.ภาดิณ ลอยเจริญ)	กรรมการสอบ แต่งตั้งเพิ่มเติม

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจ)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 4 เดือน เมษายน พ.ศ. 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พรหมพินิจประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้สละเวลาในการประเมิน และ ได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น การดำเนินการจัดทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากคณาจารย์ ครอบครัว เพื่อนร่วมงาน และผู้เชี่ยวชาญ จนสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดาของผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตนและบรรลุผล สำเร็จในปัจจุบัน

มงคล เกตวงษา

ชื่อเรื่อง	การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด
ผู้วิจัย	มงคล เกตวงษา
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษฎา พรหมพินิจ
ปริญญา	วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตร์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีการศึกษา	2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอ การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ของรถรางไฟฟ้าที่ใช้งานจริงในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าระหว่างการใช้งานในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด กับการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด และได้ฐานข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพ ในช่วงเวลาการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าที่ใช้งานในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

ในการวิจัยครั้งนี้ ระบบถ่ายโอนพลังงานจากยานพาหนะสู่โครงข่ายไฟฟ้า (Vehicle to Grid: V2G) แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาดกำลังไฟฟ้า 1.2 กิโลวัตต์ต่อเฟส สามารถถ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายได้เฉลี่ย 2,268 วัตต์ โดยสามารถช่วยลดเซพพลังงานไฟฟ้าให้แก่ระบบโครงข่ายในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.01 ในส่วนของผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า พบว่าความถี่ไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 49.98 เฮิรตซ์ ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) เฉลี่ยเท่ากับ 0.826 และค่าความเพี้ยนรวมฮาร์โมนิก (THD) เฉลี่ยร้อยละ 1.303 ซึ่งดัชนีคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมดนี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ระบบสามารถถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายได้อย่างปลอดภัย

คำสำคัญ : รถรางไฟฟ้า ระบบถ่ายโอนพลังงาน โครงข่ายไฟฟ้า

TITLE	Study on effects of electric tram energy transfer system into the power grid during peak demand periods.
AUTHOR	Mr. Mongkol Getwongsa
ADVISOR	Assistant Professor Dr. Kritsada Petchphan
DEGREE	M.Eng. (Engineering)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2565

ABSTRACT

This research presents the study on the effects of an electric tram energy transfer system on the power grid during peak demand periods of electric trams used in Sakon Nakhon Rajabhat University. The objective is to compare the electrical energy during peak demand periods with the energy transfer from electric trams into the grid during peak demand periods and to get a database to develop and increase efficiency during the time of transferring energy from the electric tram used in Sakon Nakhon Rajabhat University to the electricity network during peak demand.

This research, a 3-phase Vehicle-to-Grid (V2G) energy transfer system for a Sakon Nakhon Rajabhat University electric tram, with a power capacity of 1.2 kW per phase, was capable of supplying an average of 2,268 W of electricity to the grid. This system helped compensate for power grid consumption during peak load periods at Building 19 of Sakon Nakhon Rajabhat University, accounting for an average of 2.01%. Regarding the impact on power quality, the results showed an average electrical frequency of 49.98 Hz, an average power factor of 0.826, and an average total harmonic distortion (THD) of 1.303%. All of these power quality indices met the standard criteria, indicating that the system can safely transfer electrical energy to the grid.

Keywords: Electric tram, Energy transfer system, Power grid

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมุติฐานของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
แบตเตอรี่	6
ระบบ Vehicle to Grid (V2G) ของรถรางไฟฟ้า	12
ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger)	13
อินเวอร์เตอร์ (Inverter)	14
คอนเวอร์เตอร์ (Converter)	17
ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power)	18
ความถี่ของโครงข่ายไฟฟ้า (Electricity Grid Frequency)	19
ความเพี้ยนฮาร์มอนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD)	19
ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF)	21
วิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
3 วิธีการดำเนินโครงการวิจัย	27
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	27
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	30
การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าที่วัดได้	33
การวิเคราะห์ข้อมูล	36
สถิติที่ใช้ในงานวิจัย	37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	38
ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567	39
ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดิสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผล การทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน	47
ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะดิสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟ แสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน	56
ผลการเปรียบเทียบข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าของอาคาร 19 มหา วิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW. ที่บันทึกลงในตารางบันทึกผลระหว่างสภาวะ ดิสชาร์จกับสภาวะไม่ได้ดิสชาร์จ รถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็น ค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน	65
ผลการเปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้า กับผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้าที่จ่ายใช้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จ และขณะไม่ได้ดิสชาร์จ ของระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็น ค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน	68

สารบัญ

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	71
สรุปและอภิปรายผลวิจัย	71
ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	76
ประวัติย่อของผู้วิจัย	85

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ค่ากำลังไฟฟ้า ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567	39
2 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพการดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับ ระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	41
3 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพการดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	43
4 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพ การดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	45
5 ค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรกรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดิสชาร์จ ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	48
6 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรกรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ ดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	50

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
7 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จ ของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	52
8 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ชาร์จ ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	54
9 ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะชาร์จของระบบ โอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	57
10 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะชาร์จ ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	59
11 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จ ของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	61

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
12 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567	63
13 เปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จ ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะไม่ได้ดิสชาร์จ ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	66
14 เปรียบเทียบ ตาราง 1 ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับ ผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้า ที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จ ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะไม่ได้ดิสชาร์จ ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ของตาราง 13	69

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย	3
2 โครงสร้างภายในแบตเตอรี่	7
3 แบตเตอรี่ชนิดกรด-ตะกั่ว (Lead-Acid Battery)	8
4 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium-ion Battery หรือ Li-ion)	9
5 แบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium-Polymer Battery หรือ LiPo)	9
6 แบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd Battery)	10
7 แบตเตอรี่นิกเกิล-เมทัล ไฮไดรด์ (NiMH Battery)	10
8 แบตเตอรี่โซเดียม-ไอออน (Sodium-Ion Battery)	11
9 แบตเตอรี่โซลิดสเตต (Solid-State Battery)	12
10 แสดงลักษณะของ ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger: OBC)	14
11 ภาพตัวอย่าง อินเวอร์เตอร์	16
12 รูปแบบคลื่นของอินเวอร์เตอร์	16
13 ภาพไดอะแกรมของการใช้งาน คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ในยานยนต์ไฟฟ้า...	18
14 ภาพตัวอย่างของสัญญาณความถี่	19
15 ภาพตัวอย่างของ ความเพี้ยนฮาร์โมนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD)	20
16 ภาพของกราฟค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) โหลดแบบคาปาซิทีฟ	22
17 รถมอเตอร์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	27
18 ตำแหน่งอุปกรณ์ระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	28
19 วงจรสเปคของอินเวอร์เตอร์ที่อยู่ในรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	28
20 ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	29

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
21 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทำวิจัยหื้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B	29
22 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	22
23 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า ให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	31
24 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบ ไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส	31
25 แผนภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของรกรางไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ด้วยเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 2 ทิศทาง...	32
26 ไดอะแกรมไฟฟ้า 3 เฟส ของระบบอัดประจุแบตเตอรี่แบบจ่ายได้ 2 ทิศทาง	32
27 ไดอะแกรมไฟฟ้าในรกรางไฟฟ้าระบบ 3 เฟส	33
28 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567	34
29 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567	34
30 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567	35
31 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของรกรางไฟฟ้า ในวันที่ 15 มกราคม 2567	77
32 การบันทึกค่าความถี่ของรกรางไฟฟ้าในวันที่ 15 มกราคม 2567	77
33 การบันทึกค่า Power Factor ของรกรางไฟฟ้าในวันที่ 15 มกราคม 2567	78
34 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ของรกรางไฟฟ้า ในวันที่ 15 มกราคม 2567	78
35 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567	79

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
36 การบันทึกค่าความถี่ของของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567	79
37 การบันทึกค่า Power Factor ของของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567	80
38 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ของของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567	80
39 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 256	81
40 การบันทึกค่าความถี่ไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567	81
41 การบันทึกค่า Power Factor ไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567	82
42 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567	82
43 ภาพการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไฟฟ้าเพื่อทำการวัด ค่าพลังงานไฟฟ้า ของตรึงไฟฟ้า มหาลัยวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	83
44 ภาพการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไฟฟ้าเพื่อทำการวัด ค่าพลังงานไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาลัยวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	84

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

การใช้พลังงานไฟฟ้าและเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าได้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีและการบริหารจัดการพลังงานที่ยั่งยืน ในปัจจุบัน การผลิตไฟฟ้าและการขนส่งในประเทศต่าง ๆ มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงการลดมลพิษจากการใช้พลังงานฟอสซิล ซึ่งทำให้การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าและโรงไฟฟ้า มาใช้ในภาคขนส่งและการผลิตไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ การขยายตัวของยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคตน่าจะสามารถช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล และลดการปล่อยสารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานสะอาด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะทำให้การผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

ในการสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อรับส่งนักศึกษาและระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ที่มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครนั้น เป็นการพัฒนาที่มีประโยชน์หลายด้านทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในด้านการจัดการพลังงานและความเสถียรของระบบไฟฟ้าในพื้นที่ การใช้ระบบแบตเตอรี่ที่สามารถสะสมพลังงานและระบบการชาร์จแบบ 2 ทิศทางเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยซึ่งช่วยในการรักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งในส่วนนี้สามารถช่วยลดปัญหาความขาดแคลนพลังงานในช่วงที่มีการใช้งานสูงสุดได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในประเด็นที่กล่าวมา จึงศึกษาการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด และช่วยมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครบรรลุเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์จากพลังงานสะอาดได้อย่างยั่งยืน นักวิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับโครงการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี พัฒนา การถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงที่ค่าไฟฟ้าที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และพัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์ในอนาคตอีกต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้าบนโครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด

2.2 เพื่อได้เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าระหว่างการใช้งานในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด กับการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด ในการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากรถรางไฟฟ้าได้จริง

3. สมมุติฐานการวิจัย

3.1 ได้ทางเลือกในการคืนพลังงานไฟฟ้าเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในด้านปริมาณพลังงานไฟฟ้า ในอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด โดยการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด

3.2 ใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพ ในช่วงเวลาการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าที่ใช้งานในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้ทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในด้านปริมาณพลังงานไฟฟ้า ในอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด โดยการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด

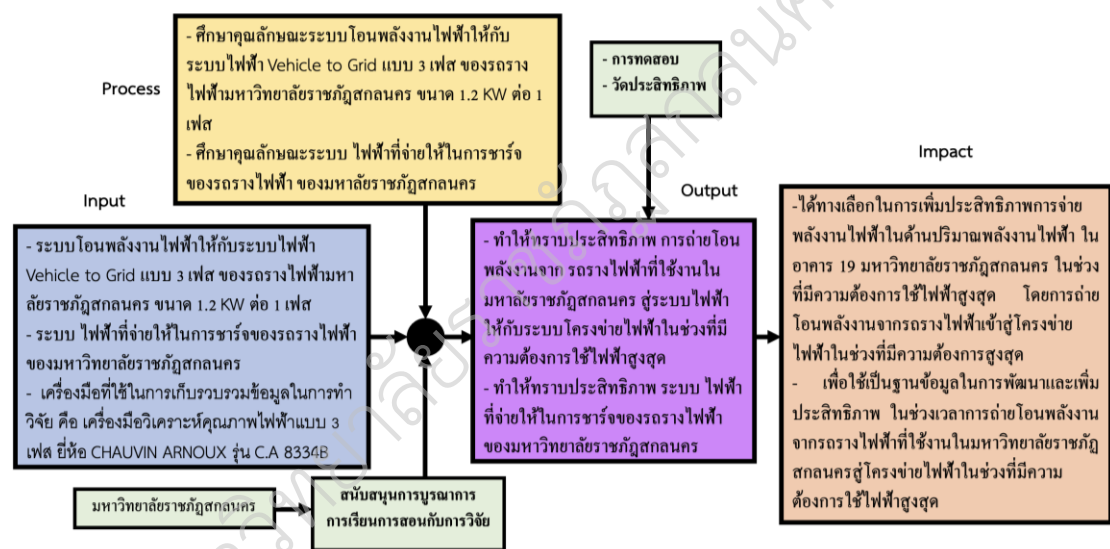
4.2 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพ ในช่วงเวลาการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าที่ใช้งานในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

5. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะ การถ่ายโอนพลังงานจาก รถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครในช่วงที่มีความต้องการสูงสุด

- 5.1 ระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส
ของรณรงไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส
- 5.2 ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรณรงไฟฟ้า ของอาคาร 19
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW
- 5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย คือ เครื่องมือวิเคราะห์
คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B

6. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 แผนภาพกรอบแนวคิดการวิจัย

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 แบตเตอรี่ ความหมายทั่วไปจะหมายถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ที่ทำงานร่วมกันเพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าและปล่อยออกมาใช้งานได้ แต่ในปัจจุบัน การใช้คำว่า "แบตเตอรี่" ได้ขยายขอบเขตออกไปมากขึ้น โดยสามารถหมายถึงอุปกรณ์ที่มีเซลล์เพียงเซลล์เดียวด้วย

7.2 ระบบ Vehicle to Grid (V2G) ของรณรงไฟฟ้า คือ เทคโนโลยีที่เชื่อมต่อระหว่างยานพาหนะไฟฟ้า (รณรงไฟฟ้า) กับโครงข่ายไฟฟ้า (กริด) โดยใช้เครื่องแปลงไฟฟ้าแบบ

สองทิศทาง (bidirectional inverter) ที่สามารถควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งจากรถรางไปยังกริด และจากกริดไปยังรถราง

7.3 ออบนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board charger) คืออุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในตัวรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากปลั๊กชาร์จให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ของรถยนต์ EV การที่ต้องใช้การแปลงจาก AC เป็น DC เพราะแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ามักจะทำงานด้วยกระแสตรง (DC) และในปัจจุบัน เราใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในระบบจ่ายไฟฟ้าบ้านหรือที่สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า ทำให้การแปลงไฟฟ้าจาก AC ไปเป็น DC นั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการชาร์จรถ EV ครั้น นอกจากนี้ ออบนบอร์ดชาร์จเจอร์ยังมีฟังก์ชันควบคุมกระบวนการชาร์จ เช่น การตรวจสอบสถานะการชาร์จ การป้องกันกระแสเกิน หรือความร้อนเกิน เพื่อให้การชาร์จเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

7.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งเป็นรูปแบบไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรือนและอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ เช่น มอเตอร์, พัดลม, หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป โดยที่ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) สามารถมาจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ เช่น แบตเตอรี่, เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง, หรือแผงโซลาร์เซลล์

7.5 คอนเวอร์เตอร์ (Converter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้สามารถใช้งานสัญญาณจากแหล่งต่าง ๆ ได้ในรูปแบบที่เหมาะสมกับระบบที่ต้องการ เช่น การแปลงสัญญาณจากอุณหภูมิ, ไฟกระแสตรง (DC), หรือไฟกระแสสลับ (AC) ให้สามารถใช้งานในระบบที่รองรับได้

7.6 ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power) หมายถึง อัตราการทำงานหรือการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยเวลา ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้า คือปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ในระบบไฟฟ้าในหน่วยเวลา เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการทำงานของระบบไฟฟ้านั้น ๆ

7.7 ความถี่ของโครงข่ายไฟฟ้า (หรือความถี่ของกระแสไฟฟ้า) คือจำนวนรอบที่กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนทิศทางในหนึ่งวินาที โดยมีหน่วยวัดเป็นเฮิร์ตซ์ (Hz) ซึ่งในประเทศไทยและหลายประเทศส่วนใหญ่ ความถี่ของกระแสไฟฟ้าในโครงข่ายไฟฟ้า คือ 50 Hz หรือ 50 รอบต่อวินาที สำหรับบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ความถี่ของกระแสไฟฟ้าจะเป็น 60 Hz หรือ 60 รอบต่อวินาที

7.8 ความเพี้ยนฮาร์มอนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD) คือการวัดระดับความเพี้ยนที่เกิดจากส่วนประกอบของฮาร์มอนิก (harmonics) ในสัญญาณ ซึ่งโดยปกติแล้วจะเกิดจากอุปกรณ์หรือวงจรที่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อจำกัดในการทำงานที่ทำให้สัญญาณเกิด

การบิดเบือนจากรูปแบบที่ควรจะเป็น (เช่น สัญญาณที่ควรจะเป็นคลื่นไซน์อาจจะกลายเป็นคลื่นที่มีฮาร์มอนิกที่ไม่ต้องการเข้ามาผสม)

7.9 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) คือ อัตราส่วนของกำลังจริง (Active Power) ต่อกำลังรวม (Apparent Power) ในระบบไฟฟ้า ซึ่งช่วยบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้งานพลังงานในวงจรไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้ว ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 2

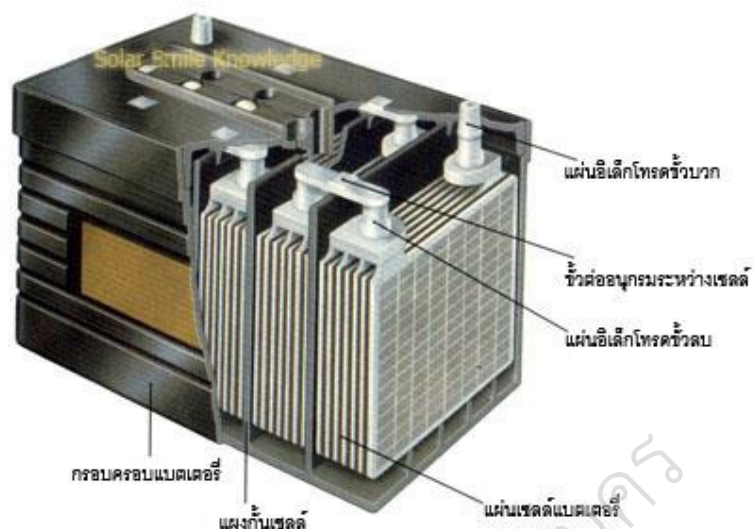
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรกรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาใช้เพื่อเป็นกรอบในการศึกษาประกอบด้วย

1. แบตเตอรี่
2. ระบบ Vehicle to Grid (V2G) ของรกรางไฟฟ้า
3. ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board charger)
4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)
5. คอนเวอร์เตอร์ (Converter)
6. ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power)
7. ความถี่ของโครงข่ายไฟฟ้า (Electricity Grid Frequency)
8. ความเพี้ยนฮาร์โมนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD)
9. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF)
10. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบเคมี แล้วปล่อยพลังงานไฟฟ้าออกมาเมื่อมีการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า โดยปกติแล้วแบตเตอรี่จะประกอบด้วยเซลล์หลาย ๆ เซลล์ที่ทำงานร่วมกันเพื่อผลิตแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สามารถใช้ได้ ในอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ รถยนต์ไฟฟ้า เป็นต้น การทำงานของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารเคมีภายในเซลล์แบตเตอรี่ ซึ่งจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเมื่อมีการเชื่อมต่อวงจร ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ที่ใช้งาน



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างภายในแบตเตอรี่
ที่มา : <https://solarsmileknowledge.com/>

แบตเตอรี่ (Battery) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary battery) คือแบตเตอรี่ที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานเพียงครั้งเดียวและไม่สามารถชาร์จได้อีก เมื่อใช้งานหมดประจุแล้วจะต้องทิ้งหรือรีไซเคิลไป แบตเตอรี่ประเภทนี้มักจะมีราคาไม่แพงและเหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการการใช้งานยาวนานหรือไม่สามารถชาร์จใหม่ได้

1.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery) หรือที่รู้จักกันในชื่อ แบตเตอรี่ชาร์จไฟได้ คือแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จไฟใหม่และใช้งานซ้ำได้ หลังจากที่ใช้พลังงานหมดไป โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ ซึ่งแตกต่างจาก แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) ที่ไม่สามารถชาร์จไฟใหม่ได้และต้องเปลี่ยนเมื่อใช้งานหมด

1.3 ประเภทของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่มีหลายประเภท โดยแบ่งตามเทคโนโลยีและการใช้งานหลัก ๆ ดังนี้

1.3.1 แบตเตอรี่ชนิดกรด-ตะกั่ว (Lead-Acid Battery) คือ แบตเตอรี่ที่ใช้สารตะกั่ว (Lead) และกรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid) เป็นสารเคมีหลักในการเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นประเภทของแบตเตอรี่ที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมรถยนต์และการสำรองไฟฟ้า โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างตะกั่ว และกรดซัลฟิวริก เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเคมีที่ขั้วทั้งสองข้าง เช่นที่ขั้วบวกจะเกิดตะกั่วซัลเฟต และที่ขั้วลบจะเกิดตะกั่ว

ซัลเฟต ซึ่งเป็นกระบวนการที่สะสมพลังงานเคมี เมื่อแบตเตอรี่ถูกปล่อยพลังงานหรือใช้งาน กระบวนการจะย้อนกลับกันเพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้า



ภาพประกอบ 3 แบตเตอรี่ชนิดกรด-ตะกั่ว (Lead-Acid Battery)

ที่มา : [https:// www.aprtech.co.th/content/7674/what-is-lead-acid-battery](https://www.aprtech.co.th/content/7674/what-is-lead-acid-battery)

1.3.2 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium-ion Battery หรือ Li-ion) คือ แบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่ใช้ลิเทียม (Lithium) เป็นวัสดุหลักในการเก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ทำงานโดยการเคลื่อนย้ายของลิเทียมจากขั้วบวกไปขั้วลบผ่านอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเมื่อชาร์จหรือใช้งานแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ลิเทียมจำเป็นต้องมีระบบการควบคุมภายในเพื่อป้องกันความเสียหายจากการชาร์จเกิน (Overcharging) หรือการใช้ไฟมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดความร้อนหรือการระเบิดได้



ภาพประกอบ 4 แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium-ion Battery หรือ Li-ion)
ที่มา : <https://holobattery.com/th/lithium-ion-vs-lithium-polymer-batteries/>

1.3.3 แบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium-Polymer Battery หรือ LiPo)
คือประเภทของแบตเตอรี่ที่ใช้เทคโนโลยีลิเทียมในการเก็บพลังงาน แต่มีความแตกต่างจาก แบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน (Lithium-Ion) ที่มักจะใช้สารอิเล็กโทรไลต์ในรูปของเหลวหรือเจล โดยแบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์จะใช้สารอิเล็กโทรไลต์ในรูปแบบของโพลิเมอร์ (พลาสติก) ซึ่งมี คุณสมบัติที่ทำให้แบตเตอรี่มีความยืดหยุ่นและบางกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ เป็นเทคโนโลยีที่มี ประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับการใช้งานในอุปกรณ์พกพาที่ต้องการน้ำหนักเบาและขนาดเล็ก แต่ต้องใช้เวลาดูแลที่ดีเพื่อป้องกันอันตรายจากการใช้งาน



ภาพประกอบ 5 แบตเตอรี่ลิเทียม-โพลิเมอร์ (Lithium-Polymer Battery หรือ LiPo)
ที่มา : <https://doc.inex.co.th/lipo-batt-ep01/>

1.3.4 แบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd Battery) คือ แบตเตอรี่แบบรีชาร์จได้ ชนิดหนึ่งที่ใช้ สารเคมีนิกเกิล (Ni) และ แคดเมียม (Cd) เป็นวัสดุในการสร้างไฟฟ้า โดยหลักการทำงานของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วบวกไปยังขั้วลบผ่านกระบวนการเคมีในระหว่างการชาร์จและการปล่อยพลังงาน ข้อเสียของ Ni-Cd คือ การใช้แคดเมียม ซึ่งเป็นโลหะที่เป็นพิษและอาจก่อให้เกิดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม หากไม่ถูกทิ้งอย่างถูกวิธี ในปัจจุบันแบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกใช้ลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่ใหม่กว่าอย่าง แบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน (Li-ion) ที่มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงกว่า



ภาพประกอบ 6 แบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd Battery)

ที่มา: <https://th.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/nickel-cadmium-battery>

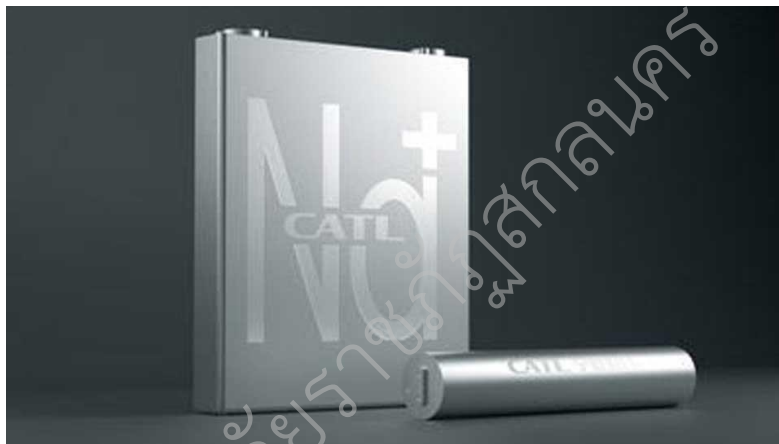
1.3.5 แบตเตอรี่นิกเกิล-เมทัล ไฮไดรด์ (NiMH Battery) คือแบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีการเก็บพลังงานไฟฟ้าผ่านกระบวนการเคมีของการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี โดยรวมแล้ว แบตเตอรี่ NiMH เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการใช้งานที่ต้องการความจุสูง และสามารถชาร์จใหม่ได้หลายครั้งโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพประกอบ 7 แบตเตอรี่นิกเกิล-เมทัล ไฮไดรด์ (NiMH Battery)

ที่มา : https://power.desigusxpro.com/th/akkumulatory/batarei/ni-mh.html#google_vignette

1.3.6 แบตเตอรี่โซเดียม-ไอออน (Sodium-Ion Battery) คือ เทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่ใช้โซเดียม (Na) เป็นสารประกอบในการเก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งทำงานโดยการแลกเปลี่ยนไอออนของโซเดียมระหว่างขั้วบวก (Positive Electrode) และขั้วลบ (Negative Electrode) คล้ายกับเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน (Lithium-Ion Battery) ที่ใช้งานกันในปัจจุบัน แต่แทนที่จะใช้ลิเทียมเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน ก็ใช้โซเดียมที่มีลักษณะทางเคมีคล้ายกัน และเทคโนโลยีแบตเตอรี่โซเดียม-ไอออนยังอยู่ในช่วงการพัฒนาและทดลองใช้งาน โดยคาดว่าจะมีบทบาทในอนาคตในด้านการเก็บพลังงานที่มีต้นทุนต่ำและยั่งยืนมากขึ้น



ภาพประกอบ 8 แบตเตอรี่โซเดียม-ไอออน (Sodium-Ion Battery)

ที่มา : <https://www.mreport.co.th/news/trend-and-innovation/393-CATL-Battery-Sodium-Ion>

1.3.7 แบตเตอรี่โซลิดสเตต (Solid-State Battery) คือ แบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่ใช้วัสดุเป็นของแข็ง (solid) แทนที่ช่องเหลวหรือเจลในอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งทำให้มีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออน (Lithium-ion) ที่ใช้ช่องเหลวเป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างแคโทดและแอโนด การทำงานของแบตเตอรี่โซลิดสเตตจะคล้ายกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน แต่ว่าการไหลของไอออนลิเทียมจะเกิดขึ้นในอิเล็กโทรไลต์แบบของแข็ง ซึ่งทำให้การควบคุมและการขนส่งไอออนมีประสิทธิภาพมากกว่า ปัจจุบัน เทคโนโลยีแบตเตอรี่โซลิดสเตตกำลังได้รับความสนใจอย่างมากในวงการอุตสาหกรรมพลังงานและอุตสาหกรรมยานยนต์ เพราะมันสามารถพัฒนาให้มีความจุที่สูงขึ้นและปลอดภัยกว่าแบตเตอรี่แบบเดิม ๆ แม้ว่าจะมีข้อดีมากมาย แต่แบตเตอรี่โซลิดสเตตยังคงมีความท้าทายในด้านการผลิตและต้นทุนที่สูง เนื่องจากกระบวนการผลิตอาจจะซับซ้อนและต้องการวัสดุพิเศษ นอกจากนี้ ยังมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อหาวิธีที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตให้มากขึ้น



ภาพประกอบ 9 แบตเตอรี่โซลิดสเตต (Solid-State Battery)

ที่มา : <https://www.autodeft.com/deftreport/Solid-State-Battery-Are-Not-Good-Enough-To-Use-In-Commercial-Car-2024>

2. ระบบ Vehicle to Grid (V2G) ของรถรางไฟฟ้า

ระบบ Vehicle to Grid (V2G) คือ เทคโนโลยีที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้า (EVs) สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกับระบบไฟฟ้าในกริด (Grid) และสามารถส่งพลังงานกลับไปยังกริดหรือรับพลังงานจากกริดได้ ซึ่งช่วยให้สามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าในการสนับสนุนการทำงานของระบบไฟฟ้าเมื่อจำเป็น สำหรับระบบ V2G รถรางไฟฟ้า (Trams) ก็สามารถประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน โดยเฉพาะในกรณีของเมืองหรือพื้นที่ที่มีรถรางไฟฟ้าใช้ในการขนส่งสาธารณะ หรือระบบขนส่งมวลชนที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ระบบ V2G จะช่วยให้รถรางเหล่านี้สามารถส่งพลังงานกลับไปยังระบบไฟฟ้าเมื่อไม่ได้ใช้งาน หรือช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับกริดในช่วงที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติม

หลักการทำงานของ V2G ในกรณีของรถรางไฟฟ้า

2.1 ในสภาวะการชาร์จและการจ่ายไฟ เมื่อรถรางไฟฟ้าถูกจอดและไม่ใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง (เช่น ในตอนกลางคืนหรือช่วงเวลาที่ไม่มีการเดินรถ) รถรางสามารถเชื่อมต่อกับระบบกริดและส่งพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่กลับไปยังกริดได้ และในช่วงที่มีความต้องการพลังงานสูง (เช่น ในช่วงพีก) รถรางไฟฟ้าที่จอดอยู่สามารถช่วยสนับสนุนกริดโดยการส่งพลังงานไฟฟ้าออกไป

2.2 การควบคุมและการทำงานของระบบ V2G มีการควบคุมที่มีความซับซ้อน เพื่อให้การจ่ายพลังงานจากรถรางไฟฟ้าหรือการชาร์จสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถ

ตรวจสอบความต้องการพลังงานของกริดในแต่ละช่วงเวลา ในการประสานงานระหว่างระบบกริด และรถรางจะทำให้กริดมีความเสถียร และลดภาระในการใช้พลังงานจากแหล่งผลิตหลักในช่วงที่มีความต้องการสูง

ระบบ V2G สำหรับ รถรางไฟฟ้า นั้นมีศักยภาพในการช่วยเสริมความยืดหยุ่นและความเสถียรให้กับระบบกริด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้ระบบขนส่งสาธารณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้า การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้จะสามารถลดต้นทุนพลังงาน และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น แต่ก็ยังมีความท้าทายในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในเชิงพาณิชย์ในวงกว้าง

3. ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger)

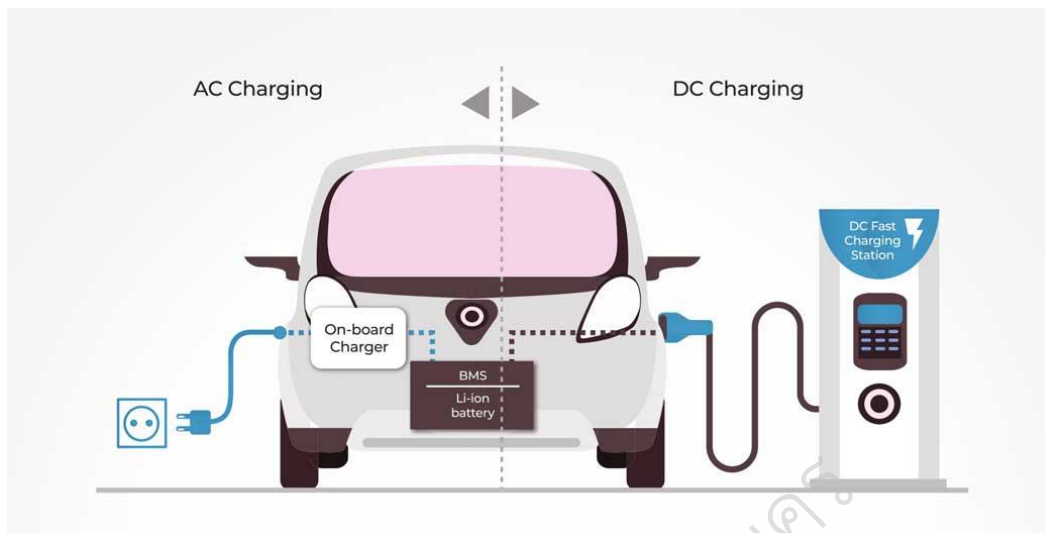
ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger) คือ ระบบชาร์จแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่ภายในยานพาหนะไฟฟ้า (EV หรือ Electric Vehicle) ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอก (เช่น สายไฟฟ้าหรือสถานีชาร์จ) ให้เป็นกระแสไฟฟ้าที่สามารถชาร์จเข้าแบตเตอรี่ของยานพาหนะได้ โดยที่ออนบอร์ดชาร์จเจอร์จะช่วยควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการชาร์จแบตเตอรี่ โดยทั่วไปแล้ว ออนบอร์ดชาร์จเจอร์จะทำหน้าที่ดังนี้:

3.1 แปลงกระแสไฟฟ้า คือการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟให้เป็นกระแสไฟฟ้าตรง (DC) ซึ่งเหมาะสมสำหรับการชาร์จแบตเตอรี่

3.2. ควบคุมการชาร์จ คือการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับระดับการชาร์จแบตเตอรี่ และป้องกันไม่ให้เกิดการชาร์จที่เกินหรืออันตรายต่อแบตเตอรี่

3.3. การป้องกันระบบ คือจะต้องมีระบบป้องกันความเสียหายจากการชาร์จผิดพลาด เช่น การป้องกันแรงดันสูงเกินไป หรือกระแสไฟฟ้าเกินที่แบตเตอรี่รับได้

ออนบอร์ดชาร์จเจอร์จะมีขนาดและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามยี่ห้อและรุ่นของยานพาหนะ รวมถึงความสามารถในการรองรับแหล่งจ่ายไฟประเภทต่าง ๆ เช่น ชาร์จจากไฟฟ้าบ้าน (AC) หรือสถานีชาร์จเร็ว (DC Fast Charging)



ภาพประกอบ 10 แสดงลักษณะของ ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger: OBC)
ที่มา : <https://www.ananindustry.com/ev-car-charger-article-install01.html>

ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (On-board Charger) เป็นระบบที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) หรือยานยนต์ปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) ซึ่งจะถูกติดตั้งอยู่ในตัวรถ ไม่จำเป็นต้องพกพาอุปกรณ์ภายนอกหรือสถานีชาร์จแยกต่างหาก เมื่อเสียบปลั๊กชาร์จ ออนบอร์ดชาร์จเจอร์จะทำการแปลงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอกให้เหมาะสมกับระบบของรถเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ โดยทั่วไป ออนบอร์ดชาร์จเจอร์จะช่วยให้การชาร์จแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าเป็นไปได้อย่างง่ายดายและสะดวกมากขึ้น ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาอุปกรณ์ภายนอก นอกจากนี้ยังช่วยให้การจัดการพลังงานในรถยนต์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงและปลอดภัย

4. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งเป็นชนิดของกระแสไฟฟ้าที่เราใช้ในบ้านเรือนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั่วไปอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรม เช่น ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Power Systems), ระบบไฟฟ้าสำรอง (UPS),

เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioners), และในเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ที่ต้องการกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

4.1 การทำงานของอินเวอร์เตอร์ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้:

4.1.1 รับกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) อินเวอร์เตอร์จะได้รับกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายพลังงาน เช่น แบตเตอรี่ หรือแผงโซลาร์เซลล์

4.1.2 การสลับกระแส (Switching) อินเวอร์เตอร์ใช้การสลับ (switching) ระหว่างสองสถานะ คือ เปิดและปิดวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทำให้สามารถแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับได้

4.1.3 การปรับความถี่และแรงดัน (Frequency and Voltage Control) กระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้จะต้องมีความถี่และแรงดันที่เหมาะสม อินเวอร์เตอร์จะมีระบบควบคุมความถี่และแรงดันให้ตรงกับข้อกำหนด เช่น 50Hz หรือ 60Hz ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของประเทศ

4.1.4 การกรองสัญญาณ (Filtering): หลังจากการแปลงกระแสไฟฟ้าแล้ว กระแสไฟฟ้าที่ได้อาจจะมีสัญญาณรบกวน (Noise) หรือการสั่นสะเทือน (Harmonics) อินเวอร์เตอร์จึงต้องมีตัวกรองเพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่ออกมามีความสม่ำเสมอและคุณภาพดี

4.1.5 การส่งออก (Output): กระแสไฟฟ้าที่ได้จากอินเวอร์เตอร์จะมีลักษณะเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่สามารถใช้งานได้ตามปกติ โดยสามารถใช้งานในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ต้องการกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ประเภทของอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้งานทั่วไป ได้แก่

4.2.1 อินเวอร์เตอร์แบบ Sinusoidal Wave (Pure Sine Wave) ให้กระแสไฟฟ้าที่มีคุณภาพดีที่สุด เหมาะสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์ที่ต้องการกระแสไฟฟ้าคุณภาพสูง

4.2.2 อินเวอร์เตอร์แบบ Modified Sine Wave ให้กระแสไฟฟ้าที่มีลักษณะคล้ายกับสัญญาณไซน์ แต่ไม่สมบูรณ์ 100% เหมาะสำหรับการใช้งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูงมาก

4.2.3 อินเวอร์เตอร์แบบ Square Wave มีการแปลงกระแสไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม เหมาะสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์บางประเภท เช่น ปั๊มน้ำ

การเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดใดจะขึ้นอยู่กับการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งานในแต่ละกรณี

อินเวอร์เตอร์หม้อแปลงเทอร์อยด์



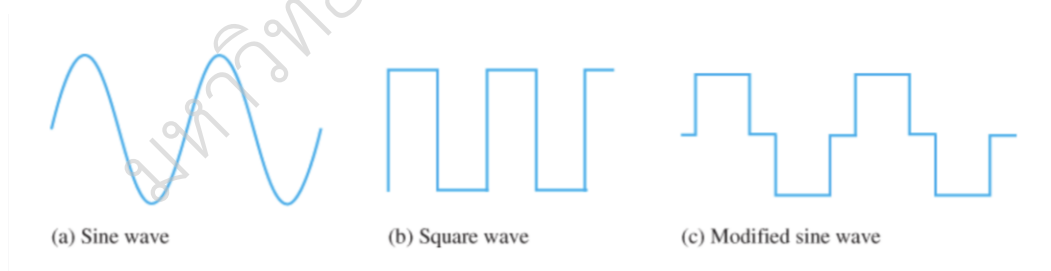
อินเวอร์เตอร์สวิตชิง



ภาพประกอบ 11 ภาพตัวอย่าง อินเวอร์เตอร์

ที่มา : <https://energyfordummies.com/inverter-type/>

4.3 รูปแบบสัญญาณขาออก ในลักษณะประเภทของอินเวอร์เตอร์ ตามการ
ออกแบบวงจร ของอินเวอร์เตอร์ จะมี Square wave, Modified sinewave, Pure sine wave
ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 รูปแบบคลื่นของอินเวอร์เตอร์

ที่มา : <https://electricalacademia.com/wp-content/uploads/2018/07/Figure-2-7.png>

4.3.1 รูปคลื่นสแคว์เวฟ (Square Wave) เป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะเป็น
เหลี่ยม เดินทางขึ้นและลงในแนวตั้งอย่างรวดเร็ว (ขึ้นและลงอย่างฉับพลัน) ซึ่งเหมาะสำหรับการ
ใช้งานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง หรือไม่มีความสำคัญกับรูปแบบของคลื่นมากนัก เช่น การใช้
งานที่ไม่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ต้องการการจ่ายไฟที่มีความเสถียรสูง

4.3.2 รูปคลื่นโมดิฟายไซน์เวฟ (Modified-Sinewave): คลื่นนี้将有ความชันระหว่างจุดที่เปลี่ยนระหว่างคลื่นบวกและลบ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลื่นไซน์ แต่ไม่เรียบเนียนเท่ากับคลื่นไซน์ธรรมดา (Sinusoidal Wave) รูปแบบนี้จะเหมาะกับการใช้งานที่มีความต้องการไฟฟ้าไม่สูงมากนัก เช่น หลอดไฟ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อน

5. คอนเวอร์เตอร์ (Converter)

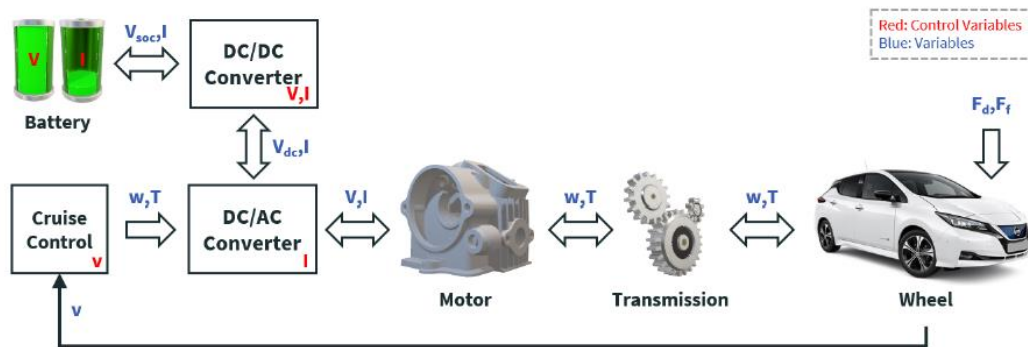
ในยานยนต์ไฟฟ้า คอนเวอร์เตอร์ (Converter) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในระบบต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้า โดยทั่วไปมี 3 ประเภทหลักที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ได้แก่

5.1 DC-DC Converter ใช้ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับส่วนต่าง ๆ ของยานยนต์ เช่น แปลงแรงดันจากแบตเตอรี่หลักที่อาจมีแรงดันสูง (เช่น 400V) ลงมาเป็นแรงดันต่ำ (เช่น 12V หรือ 48V) เพื่อจ่ายให้กับระบบไฟฟ้า เช่น ไฟส่องสว่างหรือระบบควบคุมอื่น ๆ

5.2 DC-AC Inverter ใช้ในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มาจากแบตเตอรี่ให้เป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อใช้งานกับมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น แปลงพลังงานจากแบตเตอรี่ DC เป็น AC เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าในระบบขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า

5.3 AC-DC Converter (Rectifier) ใช้ในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่มาจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก เช่น ระบบชาร์จไฟฟ้าของสถานีชาร์จ มาเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่ เช่น ใช้ในสถานีชาร์จไฟฟ้าหรือในระบบชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่จากแหล่งพลังงาน AC

คอนเวอร์เตอร์มีหน้าที่ช่วยให้สามารถแปลงและควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทำให้มั่นใจว่าแต่ละส่วนของรถจะได้รับพลังงานที่ต้องการในรูปแบบที่เหมาะสม เนื่องจากระบบไฟฟ้าในรถยนต์ไฟฟ้ามักจะมีหลายส่วนที่ต้องการพลังงานที่ต่างกัน การใช้คอนเวอร์เตอร์ช่วยลดการใช้พื้นที่ในการแปลงพลังงานและช่วยให้การออกแบบทำได้สะดวกขึ้นโดยรวมแล้ว คอนเวอร์เตอร์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ไม่ว่าจะเป็นการขับเคลื่อนมอเตอร์ การจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือการชาร์จแบตเตอรี่



ภาพประกอบ 13 ภาพไดอะแกรมของการทำงานของ คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ในยานยนต์ไฟฟ้า
ที่มา : <https://kriyodpradit.medium.com/ev-simulation-guide>

6. ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power)

ค่ากำลังไฟฟ้า (Electric Power) คือ ปริมาณงานที่ทำต่อหน่วยเวลาในระบบไฟฟ้า หรือก็คือการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา มักจะวัดเป็น วัตต์ (Watt, W) ในระบบหน่วย SI ซึ่งหมายถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 จูลในเวลา 1 วินาที ค่ากำลังไฟฟ้าเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้ามากน้อยแค่ไหน ซึ่งช่วยในการคำนวณการใช้งานพลังงานในชีวิตประจำวัน หรือในการออกแบบและควบคุมการใช้พลังงานในระบบต่าง ๆ ค่ากำลังไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสูตร

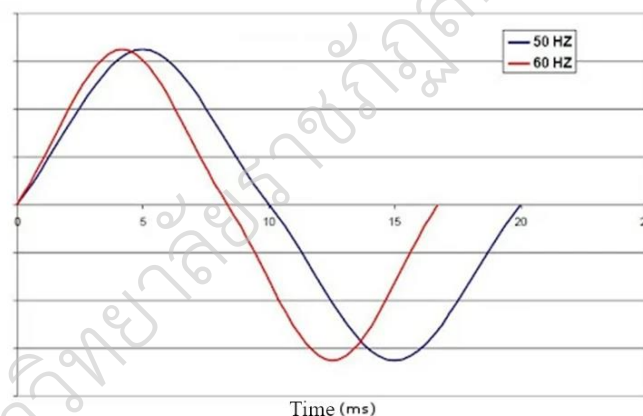
$$P=V \times I$$

เมื่อ	P	คือ กำลังไฟฟ้า (วัตต์, W)
	V	คือ แรงดันไฟฟ้า (Volt, V)
	I	คือ กระแสไฟฟ้า (Ampere, A)

นอกจากนี้กำลังไฟฟ้ายังสามารถแสดงในรูปของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลาที่กำหนด เช่นหากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ (W) แสดงว่าอุปกรณ์นั้นจะใช้พลังงาน 100 จูล ต่อวินาที

7. ความถี่ของโครงข่ายไฟฟ้า (Electricity Grid Frequency)

ความถี่ของโครงข่ายไฟฟ้า (Electricity Grid Frequency) คือความถี่ที่ระบบไฟฟ้าทำงาน โดยในแต่ละประเทศหรือภูมิภาคจะมีความถี่ที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยทั่วไปแล้วในหลายประเทศจะใช้ความถี่ที่ 50 Hz หรือ 60 Hz ซึ่งหมายถึงจำนวนรอบการหมุนของกระแสไฟฟ้าต่อวินาที ในประเทศส่วนใหญ่ในยุโรป, เอเชีย และออสเตรเลีย จะใช้ความถี่ 50 Hz และในสหรัฐอเมริกา, แคนาดา, และบางประเทศในอเมริกากลาง จะใช้ความถี่ 60 Hz ความถี่นี้สำคัญมาก เพราะมันมีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือทางอุตสาหกรรม และระบบการจ่ายไฟฟ้า หากความถี่ไม่คงที่หรือผิดปกติ อาจจะทำให้ระบบไฟฟ้าเกิดปัญหา หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานไม่ปกติได้ หากความถี่ของระบบไฟฟ้าไม่คงที่ หรือมีการเบี่ยงเบนเกินขีดที่กำหนด (เช่น ต่ำกว่า 49 Hz หรือสูงกว่า 51 Hz) จะส่งผลให้ อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานผิดปกติ: เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า อาจทำให้เสียหาย หรือทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ14 ภาพตัวอย่างของสัญญาณความถี่

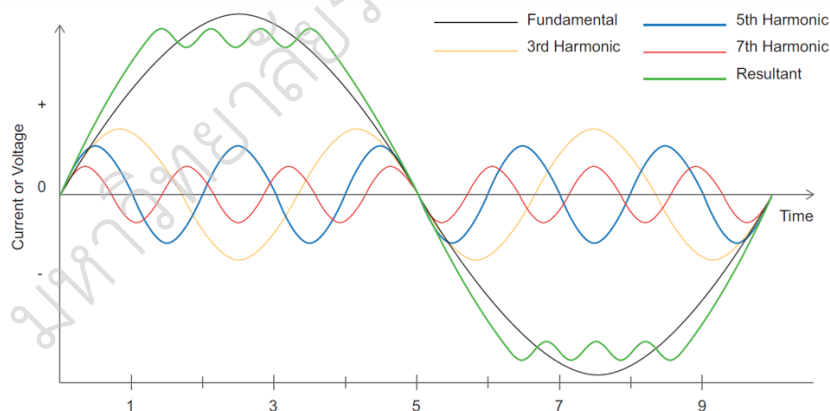
ที่มา : <https://hdwrglobal.com/blog/17274/camera-frequency-in-a-dashcam-50-or-60-hz-which-one-to-choose-2023/>

8. ความเพี้ยนฮาร์มอนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD)

ความเพี้ยนฮาร์มอนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดความเพี้ยนที่เกิดขึ้นในสัญญาณเสียงหรือสัญญาณไฟฟ้า เมื่อสัญญาณที่เกิดจากแหล่งกำเนิด (เช่น แอมพลิฟายเออร์ เครื่องเสียง หรือเครื่องขยายสัญญาณ) ถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ แล้วสัญญาณที่ได้ อาจจะมี ความเพี้ยน (distortion) เกิดขึ้นจากคลื่นฮาร์มอนิก

ที่ไม่ใช่ส่วนของสัญญาณต้นฉบับ ในด้านพลังงานไฟฟ้า ความเพี้ยนฮาร์โมนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD) มีความสำคัญมาก เนื่องจากในระบบไฟฟ้าผู้ใช้งานอาจพบความเพี้ยนในรูปแบบของคลื่นไฟฟ้าที่ไม่ใช่คลื่นไซน์ที่สมบูรณ์ ซึ่งมักจะเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีการขับเคลื่อนหรือแปลงสัญญาณ เช่น อินเวอร์เตอร์ (inverters), เครื่องจักรที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์, หรืออุปกรณ์ที่ใช้ไดโอด (diodes) ซึ่งส่งผลให้สัญญาณไฟฟ้ามีคลื่นที่ไม่เรียบเสมอแบบคลื่นไซน์ (distorted waveform)

ในระบบไฟฟ้า THD คือการวัดความผิดปกติจากรูปคลื่นไซน์ที่เป็นธรรมชาติของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วระบบไฟฟ้าจะส่งพลังงานในรูปแบบของคลื่นไซน์ที่สมบูรณ์ ซึ่งมีลักษณะคลื่นที่สม่ำเสมอและไม่มีการบิดเบือน แต่หากมีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการบิดเบือนในรูปคลื่น เช่น จากการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าแบบสลับกระแส (AC) เช่น คอมเพรสเซอร์หรือเครื่องขยายสัญญาณ ก็จะทำให้เกิด ฮาร์โมนิก (harmonics) ซึ่งเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงขึ้นและอาจไม่ตรงกับค่าหลักของระบบ เช่น ความถี่ที่ 50 Hz ในประเทศไทย ในทางทฤษฎี ระบบไฟฟ้าที่มี THD ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5% ถือว่าเป็นระดับที่ยอมรับได้ในหลายๆ ระบบ หากสูงกว่า 5% อาจจะเริ่มเกิดปัญหาต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ



ภาพประกอบ 15 ภาพตัวอย่างของ ความเพี้ยนฮาร์โมนิก (Total Harmonic Distortion หรือ THD)

ที่มา : <https://pqcomponents.com/harmonics-what-are-they-and-why-do-i-care/>

9. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) คือ อัตราส่วนของกำลังจริง (Active Power, P) ที่ใช้ได้จริงต่อกำลังที่ส่งมาถึง (Apparent Power, S) ซึ่งเป็นการบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า ถ้า PF เท่ากับ 1 หมายความว่าระบบใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด หรือใช้พลังงานจริงทั้งหมดโดยไม่มีการสูญเสียจากพลังงานที่ไม่เป็นประโยชน์ (reactive power) ถ้า PF ต่ำกว่า 1 จะบ่งชี้ว่ามีการสูญเสียพลังงานที่ไม่เป็นประโยชน์อยู่ในระบบ (reactive power) ซึ่งเกิดจากการที่กระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าไม่เป็นสัญญาณเดียวกัน (out of phase)

สูตรคำนวณค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) มีดังต่อไปนี้

$$PF = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power, P)}}{\text{กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power, S)}}$$

เมื่อ PF	คือ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power, P)	คือ กำลังที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ และเป็นพลังงานที่ใช้ได้จริงโดยมักใช้หน่วยเป็นวัตต์ (W)
กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power, S)	คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กหรือเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้า มักใช้หน่วยเป็น วีเอ (VA) หรือ โวลต์-แอมป์

นอกจากที่กล่าวมาโหลดแต่ละประเภทมีผลต่อ Power Factor (PF) ของระบบไฟฟ้าแตกต่างกัน และการเข้าใจถึงการทำงานของแต่ละประเภทโหลดเป็นสิ่งสำคัญเพื่อควบคุมและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า ต่อไปนี้คือผลกระทบของแต่ละประเภทโหลด

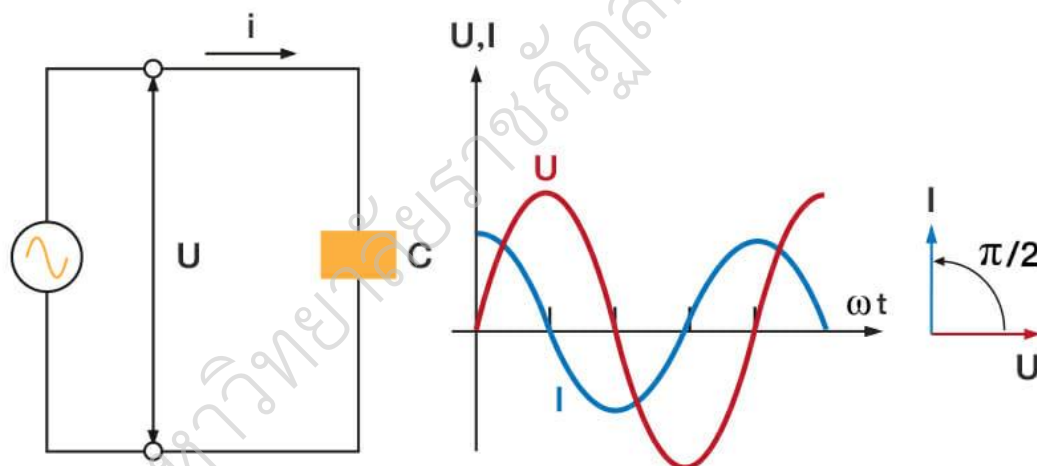
9.1 โหลดแบบต้านทาน (Resistive Load) เช่น ฮีตเตอร์หลอดไฟ เป็นต้น โหลดประเภทนี้จะมี Power Factor = 1 เนื่องจากไฟฟ้าทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจริง ไม่มีการเกิดพลังงานเหนี่ยวนำ

9.2 โหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) เช่น มอเตอร์, หม้อแปลง เป็นต้น มักจะทำให้เกิด Power Factor ต่ำ เพราะมีการสร้าง Reactive Power และการหน่วงเวลาในกระแสไฟฟ้า

9.3 โหลดแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Load) เช่น คาปาซิเตอร์ เป็นต้น ซึ่งจะมีผลในการปรับปรุง Power Factor โดยการเพิ่มพลังงานที่มีการเหนี่ยวนำในทางตรงข้าม

การเพิ่ม คาปาซิเตอร์ (Capacitor) หรือ ติดตั้ง Power Factor Correction (PFC) เพื่อให้การใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยให้การหน่วงของกระแสไฟฟ้าจากโหลดเหนี่ยวนำถูกปรับให้เป็นระยะเวลาใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้า

ดังนั้น Power Factor จึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยการดูแล Power Factor ให้เหมาะสมจะช่วยให้ระบบไฟฟ้าทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ลดความสูญเสีย และลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว



ภาพประกอบ 16 ภาพของกราฟค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor, PF) โหลดแบบคาปาซิทีฟ ที่มา : <https://mall.factomart.com/guide-to-power-factor-correction/what-is-power-factor/>

9. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล (2563) พัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็ก สำหรับใช้ในครัวเรือน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ระหว่างแบตเตอรี่ตะกั่วกรดกับแบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน ฟอสเฟต (LiFePO₄) ด้วยการวิ่ง ทดสอบการใช้งานความเร็ว

3 ระดับ ด้วยรถไฟฟ้าขับเพื่องท้ายขนาดมอเตอร์ 500 วัตต์ ขนาดความกว้าง 160 เซนติเมตร ความยาว 108 เซนติเมตร และความสูง 69 เซนติเมตร ติดตั้งมาตรวัดความเร็ว และมาตรวัด แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า แบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน ฟอสเฟต ขนาด 48 โวลต์ 20 แอมแปร์ พร้อมกับวงจรควบคุมการชาร์จและคายประจุแบตเตอรี่ (BMS) ขนาด 48 โวลต์ 165 พบว่า หลังพัฒนาชุดแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน ฟอสเฟต ติดตั้งรถไฟฟ้า 3 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักแบตเตอรี่ลดลง 15.61 กิโลกรัม หรือร้อยละ 59.02 ระยะเวลาการชาร์จลดลง 5 ชั่วโมง หรือร้อยละ 37.50 ทดสอบการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3 ระดับ (ปานกลาง และสูง) เฉลี่ย 3 ครั้ง ในแต่ละระดับความเร็ว วัดระยะทาง ระยะเวลา และความเร็วสูงสุดของรถขณะวิ่ง โดยแบตเตอรี่ ลิเทียมไอออน ฟอสเฟต มีประสิทธิภาพระยะทางการเคลื่อนที่ดีกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรด ร้อยละ 19.60 33.63 และ 30.27 อีกทั้งยัง มีรูปทรงและน้ำหนักของแบตเตอรี่ลดลง สามารถชาร์จได้ มากกว่าถึง 2,000 รอบ ไม่มีการก่อตัวของสารเคมีภายใน ไม่มีไอกรดซึ่งเป็น สาเหตุของการ ติดไฟ ดูแลรักษาง่าย และวัสดุยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ เป็นต้นแบบของอุตสาหกรรม

เอกชัย ไพศาลกิตติสกุล (2558) การจัดการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าตามเวลาจริงโดยการ รักษาระดับความต้องการใช้ กำลังไฟฟ้าสูงสุดในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบจัดการพลังงาน บทความวิจัย วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ รถไฟฟ้า และยังมีส่วนช่วยร่วม รณรงค์การใช้ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศอีกด้วยรถยนต์ไฟฟ้า (Plug-in Electric Vehicles, PEVs) ได้รับการคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณการใช้งานเพิ่มขึ้น อย่างมากในอนาคต จำนวนรถยนต์ ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเปรียบ ได้กับการเพิ่มโหลดในระบบไฟฟ้า วิธีจัดการชาร์จที่ เหมาะสมจะช่วยลด ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าได้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีจัดการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่ สามารถตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้ไฟ โดยที่ ยังคงสามารถรักษาประสิทธิภาพของระบบการ จ่ายไฟได้ อีกด้วย ทั้งยังช่วยปรับปรุงรูปแบบการใช้พลังงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพ ในงานวิจัย ได้มีการพิจารณาถึงขนาด แบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าที่หลากหลาย (16 และ 24 กิโลวัตต์- ชั่วโมง) รวมทั้งใช้ฐานข้อมูลการสำรวจการ เดินทางภาคครัวเรือนทั้งประเทศ กระทรวงคมนาคม สหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในการจำลองพฤติกรรมการใช้งาน รถยนต์ไฟฟ้า โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ นำเสนอจะใช้ เพื่อการจัดการตารางการเข้าชาร์จแบบตามเวลาจริง (real-time Scheduling) โดยอาศัยการแก้ปัญหาเพื่อได้ คำตอบที่ดีที่สุดโดยวิธีไบนารี ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึง ความสามารถของวิธีจัดการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่ สามารถปรับปรุงรูปแบบการใช้พลังงานของ ระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกทั้งยังสามารถรับประกันระดับ พลังงานสะสมคงเหลือของ รถยนต์ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พิมพ์ ลิ้มทองกุล (2560) การวิจัยแบตเตอรี่ต้นแบบสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า จากการศึกษาเอกสารทางเทคนิค รวมถึงได้เข้าไปพูดคุยกับทีมวิจัยการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบของ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ทีมวิจัยได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบทั้งด้านคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแพ็คเกจแบตเตอรี่ครบถ้วน และสามารถสรุปข้อมูลทางเทคนิคที่ต้องการของ เพื่อใช้อ้างอิงในการออกแบบ โดยแพ็คเกจแบตเตอรี่ ยกแบบนี้สามารถอยู่ในพื้นที่ของรถยนต์ต้นแบบ โดยมี ขนาด 13.5 kWh (59 V, 229 Ah) โดยมีอัตราการปล่อยประจุและชาร์จที่อัตราคงที่ที่ C2 และมีความสามารถในการจ่ายไฟแบบเร็วที่ 1C และระยะสั้นๆ 10 วินาทีเป็น 2C โดยแพ็คเกจแบตเตอรี่ที่ออกแบบมีความจุพลังงาน สูงกว่าแบตเตอรี่ที่จัดหาจากต่างประเทศ (8 kWh)

โดยสามารถใช้กับเครื่องชาร์จของแบตเตอรี่ชุดเดิม จากข้อมูลทางเทคนิคที่ได้รับในขั้นต้น ทีมวิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกเซลล์แบตเตอรี่เพื่อนำมาประกอบ เป็น โมดูลย่อย โมดูล และแพ็คเกจ โดยได้พิจารณาเซลล์แบตเตอรี่ที่มีอยู่ในท้องตลาด กว่า 8 รุ่น/ยี่ห้อ โดย พิจารณาคัดเลือกเบื้องต้นจากเหตุผลด้านคุณสมบัติทางเทคนิคและความสามารถในการจัดหาเอามาประกอบ จากนั้นเซลล์ที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดสองรุ่นเซลล์ยี่ห้อ Toriyama และ A123 ได้ถูกทดสอบคุณสมบัติทางเทคนิคเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการ ด้านความจุไฟฟ้า (Nominal capacity test) คุณสมบัติด้าน Hybrid Pulse Power Characteristic (HPPC) และนำไปผ่านการทดสอบด้วย Driving cycle ตามมาตรฐาน เพื่อศึกษาผลของการใช้งานกับระดับพลังงานที่เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างใช้งานเทียบ การออกแบบระบบระบายความร้อนและการควบคุมความปลอดภัย รวมถึงทดสอบความสามารถในการประจุ และปล่อยประจุด้วยอัตราต่าง ๆ

ว่าที่ร้อยตรี อาจศึก มามิกุล พร้อมคณะ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร หัวข้อวิจัยการสร้างระบบ Battery Swapping เพื่อรักษาเสถียรภาพทางไฟฟ้าของสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว และจ่ายกำลังไฟฟ้าคืนสู่ระบบในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโครงการวิจัยนี้นำเสนอ “การสร้างระบบ Battery Swapping เพื่อรักษาเสถียรภาพทางไฟฟ้าของสถานีอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบรวดเร็ว และจ่ายกำลังไฟฟ้าคืนสู่ระบบในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด” มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุด Battery Swapping สำหรับสับเปลี่ยนกับแบตเตอรี่ของรถรางไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย เพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในช่วงความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ชะลอการสร้างโรงไฟฟ้าของประเทศ แก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะทำการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า และลดค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย โดยระบบ Battery Swapping จะประกอบด้วยระบบเก็บสะสมพลังงานแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมที่

ทำงานร่วมกับคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง ผลที่ได้พบว่า ระบบ Battery Swapping สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี สามารถอัดประจุแบตเตอรี่และนำพลังงานไฟฟ้าที่สะสมไว้ในแบตเตอรี่จ่ายคืนสู่ระบบไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถหาค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของชุดคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางที่ใช้ในระบบ Battery Swapping ได้เท่ากับ 94.94 % นอกจากนี้ การทำงานของระบบ Battery Swapping ยังไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อระบบไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของการไฟฟ้า โดยมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 ค่าความถี่ไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าเท่ากับ 50 Hz ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 5 %

วาสนา เกษมสินธ์ พร้อมคณะ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร หัวข้อวิจัยการสร้างรถรางไฟฟ้าเพื่อรับส่งนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และใช้ระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ภายในรถรางไฟฟ้าเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโครงการวิจัยนี้นำเสนอ “การสร้างรถรางไฟฟ้าเพื่อรับส่งนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และใช้ระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ภายในรถรางไฟฟ้าเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด” มีวัตถุประสงค์เพื่อดัดแปลงสร้างรถรางไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุแบตเตอรี่ได้อย่างรวดเร็วตามมาตรฐาน type 2 สำหรับรับส่งนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร พัฒนาระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ภายในรถรางไฟฟ้าให้เป็นระบบ Battery swapping เพื่อให้สามารถใช้งานรถรางไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และนำพลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่ของรถรางไฟฟ้ามาจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในงานวิจัยได้นารถรางไฟฟ้าแบบธรรมดาที่มีการใช้งานทั่วไปขนาด 23 ที่นั่ง มาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ได้แก่ 1) การพัฒนาระบบการอัดประจุให้เป็นระบบ Type 2 ช่วยให้ลดเวลาการอัดประจุจาก 8-10 ชั่วโมง ให้เหลือเพียง 2-3 ชั่วโมง 2) เปลี่ยนระบบสะสมพลังงานแบตเตอรี่จากแบตเตอรี่ตะกั่วกรดให้เป็นแบตเตอรี่ลิเธียม ซึ่งมีน้ำหนักเบา ช่วยให้รองรับการใช้งานระบบ Battery swapping ทำให้สามารถใช้งานรถรางไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และ 3) การพัฒนาให้รถรางไฟฟ้าทำงานร่วมกับเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบ 2 ทิศทาง เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือนำมาใช้สำหรับเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบไฟฟ้า ผลการทดสอบ พบว่า รถรางไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทางสูงสุด 61.27 กิโลเมตรต่อการอัดประจุ 1 ครั้ง มีความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าอัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 กิโลเมตรต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเฉลี่ยเท่ากับ 78.85 % มีอัตราค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35

บาทต่อกิโลเมตร และไม่มีผลกระทบใด ๆ เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าทั้งขณะการอัดประจุแบตเตอรี่ และการจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของการไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 5% ค่าความถี่ไฟฟ้าของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 50 Hz ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียง 1 และประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อัดประจุแบตเตอรี่และจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบมีค่าเท่ากับ 94.01 % และ 94.04 % ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการวิจัย

รายงานในการดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อได้ทางเลือกในการคืนพลังงานไฟฟ้าและช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าในด้านปริมาณพลังงานไฟฟ้า ในอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด โดยการถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครทางผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

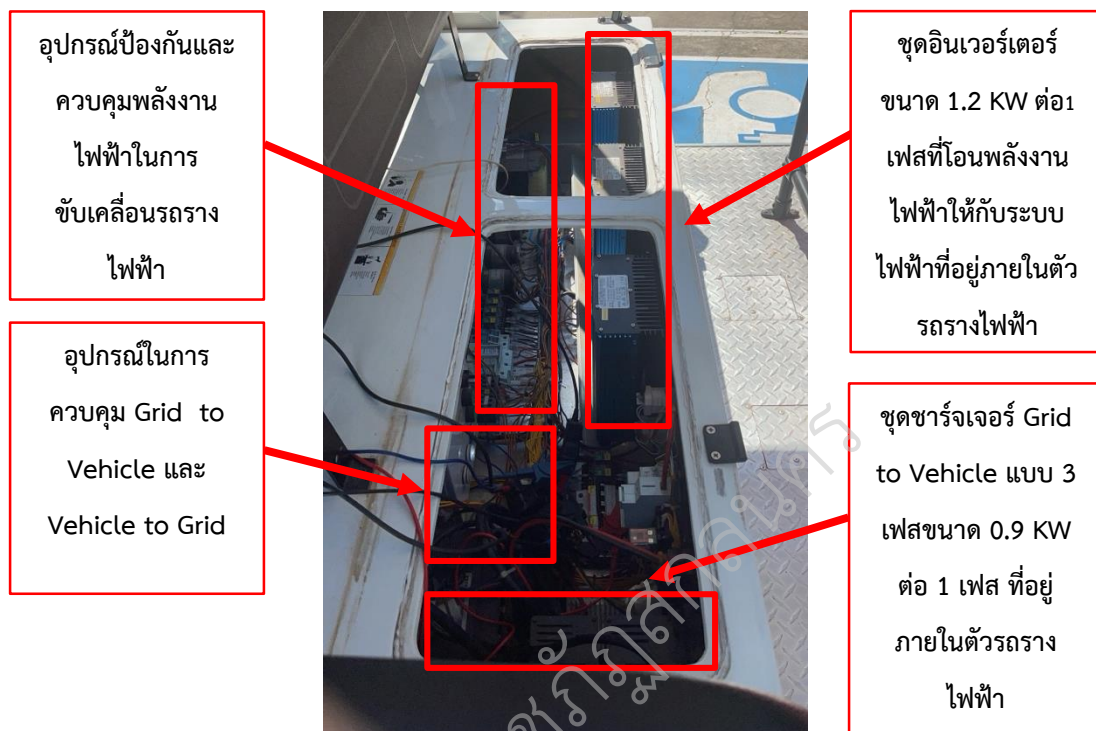
1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าที่วัดได้
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส



ภาพประกอบ 17 รถรางไฟฟ้าและสถานีชาร์จรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



ภาพประกอบ 18 ตำแหน่งอุปกรณ์ระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส



ภาพประกอบ 19 สเปคของอินเวอร์เตอร์ที่อยู่ในรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

1.2 ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัย
ราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW



ภาพประกอบ 20 ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า
ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย คือ เครื่องมือวิเคราะห์
คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B



ภาพประกอบ 21 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทำวิจัยยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B

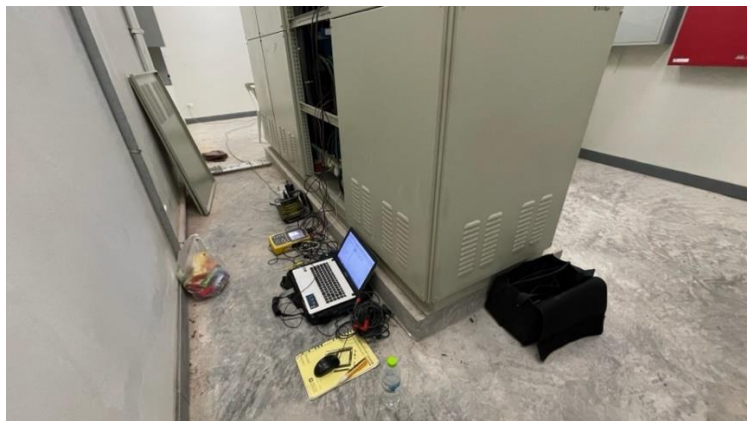
2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ศึกษาคุณลักษณะระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพประกอบ 22 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

2.2 ศึกษาคุณลักษณะระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพประกอบ 23 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดีสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า
Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกร่างไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

2.3 ศึกษาคุณลักษณะระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ขนาด 30 KW. ในสภาวะดีสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to
Grid แบบ 3 เฟส ของรกร่างไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และ
ใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บ
รวบรวมข้อมูล



ภาพประกอบ 24 การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนคร ขนาด 30 KW ในสภาวะดีสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า
Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกร่างไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

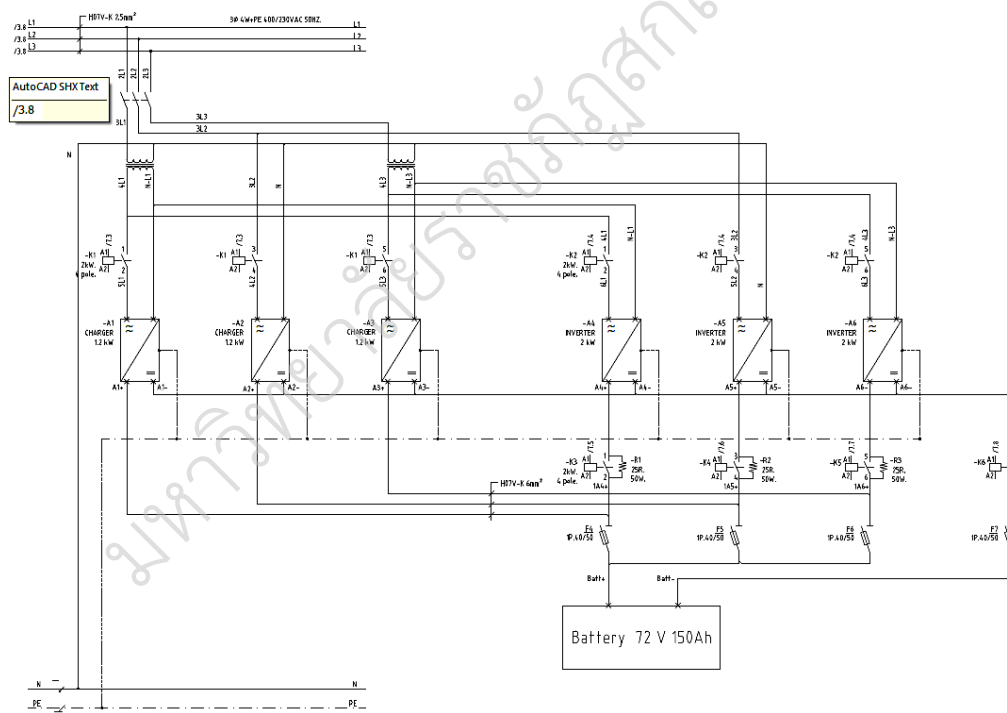


รถรางไฟฟ้า

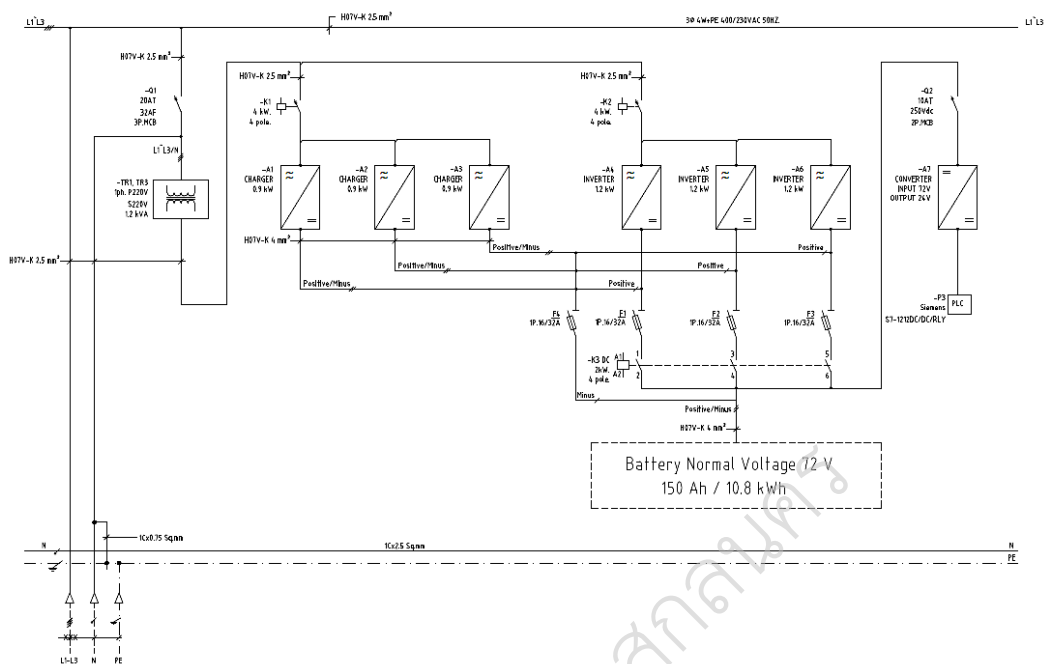
ระบบอัดประจุแบตเตอรี่แบบจ่ายได้ 2 ทิศทาง

ระบบจ่ายไฟฟ้า

ภาพประกอบ 25 แผนภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ของรถรางไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้า
ด้วยเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ 2 ทิศทาง



ภาพประกอบ 26 ไดอะแกรมไฟฟ้า 3 เฟส ของระบบอัดประจุแบตเตอรี่แบบจ่ายได้ 2 ทิศทาง

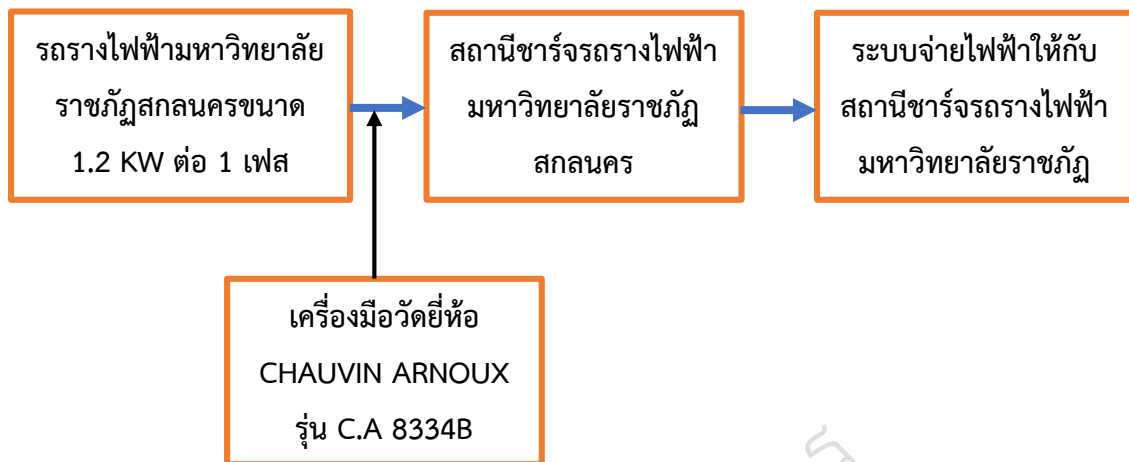


ภาพประกอบ 27 ไดอะแกรมไฟฟ้าในรรางไฟฟ้าระบบ 3 เฟส

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลค่าที่วัดได้

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวัดค่า คือ ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่(Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) อยู่ในช่วงวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 จนถึงวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567 ในช่วงเวลา 13.20 น. จนถึงเวลา 13.39 น. จะมีจำนวนข้อมูล 20 ครั้งครั้งละ 1 นาที ของทั้ง 3 วัน เพื่อได้ค่านำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานจาก รรางไฟฟ้า สู่ระบบไฟฟ้าให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดังต่อไปนี้

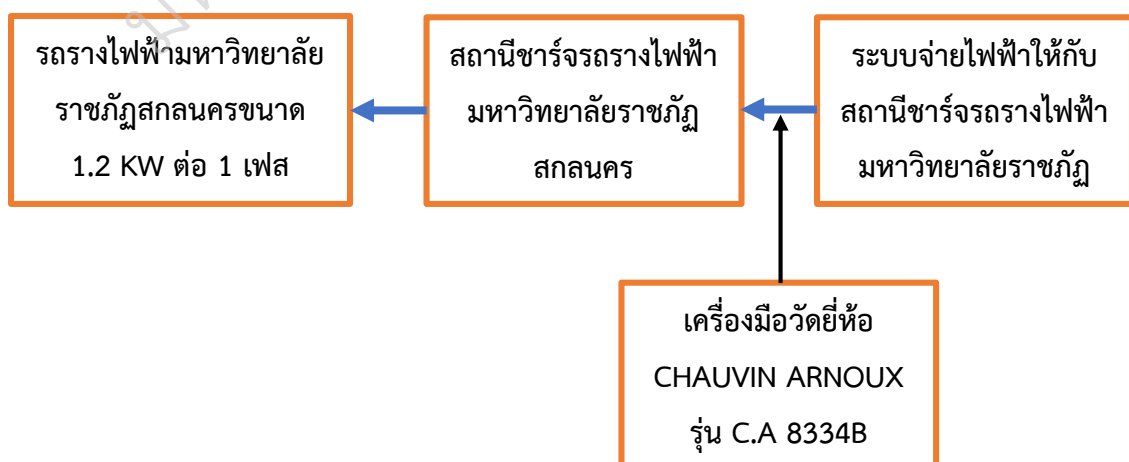
3.1 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวัดค่า คือ ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่(Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) ในวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 ในช่วงเวลา 13.20 น. จนถึงเวลา 13.39 น. จะมีจำนวนข้อมูล 20 ครั้งครั้งละ 1 นาที เพื่อได้ค่านำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานของรรางไฟฟ้า



ภาพประกอบ 28 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567

จากภาพประกอบ 28 คือจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 โดยระบบโณพลังงานไฟฟ้าของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส อยู่ในสภาวะดิสขาร์จ ให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

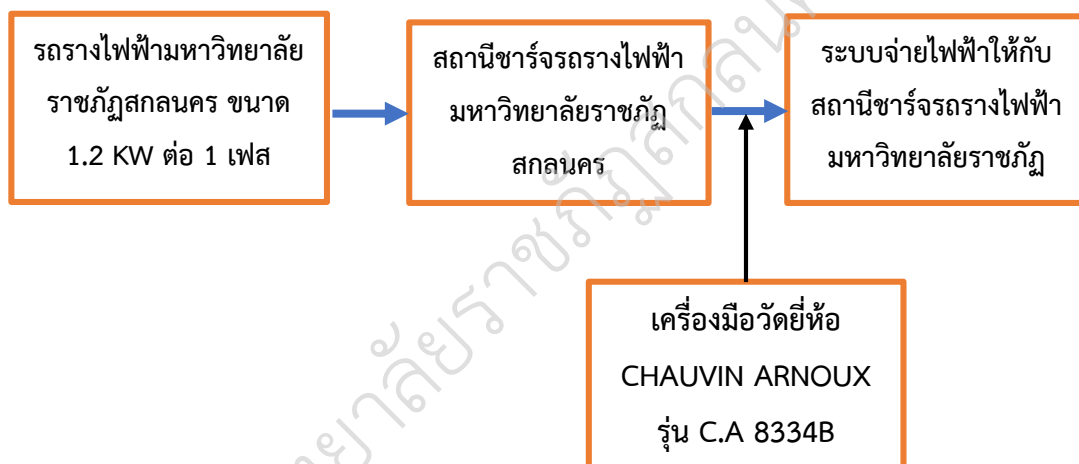
3.2 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวัดค่า คือ ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่ (Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) ในวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 ในช่วงเวลา 13.20 น. จนถึงเวลา 13.39 น. จะมีจำนวนข้อมูล 20 ครั้งครั้งละ 1 นาที เพื่อได้ค่านำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานของรกรางไฟฟ้า



ภาพประกอบ 29 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567

จากภาพประกอบ 29 คือจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 โดยระบบอินพลังงานไฟฟ้าของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ไม่ได้อยู่ในสภาวะดิสชาร์จ ให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3.2 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวัดค่า คือ ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่ (Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) ในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567 ในช่วงเวลา 13.20 น. จนถึงเวลา 13.39 น. จะมีจำนวนข้อมูล 20 ครั้งครั้งละ 1 นาที เพื่อได้ค่านำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานของรกรางไฟฟ้า



ภาพประกอบ 30 ไดอะแกรมจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567

จากภาพประกอบ 30 คือจุดที่ทำการวัดค่าเพื่อเก็บข้อมูลของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 โดยระบบอินพลังงานไฟฟ้าของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส อยู่ในสภาวะดิสชาร์จ ให้กับระบบโครงข่ายไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลในการวัด คือ ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่(Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) ในการการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมในวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 คือระบบอินเวอร์เตอร์พลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกลงในตารางบันทึกผล และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมในวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 คือระบบไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดีสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์พลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกลงในตารางบันทึกผล และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567 คือระบบไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW. ในสภาวะดีสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์พลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B เก็บรวบรวมข้อมูล บันทึกลงในตารางบันทึกผล และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

4.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 กับวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567 คือระบบไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW. ที่บันทึกลงในตารางบันทึกผลระหว่างสภาวะดีสชาร์จกับสภาวะไม่ได้ดีสชาร์จ รถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

5. สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คือ

สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ คำนวณจากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมด

N คือ จำนวนครั้ง

ในเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมี ค่ากำลังไฟฟ้า(W) ค่าความถี่ (Hz) ค่า Power Factor และค่า Total Harmonic Distortion (THD%) ที่มีจำนวนหลายๆ ครั้ง จึงจำเป็นต้องหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

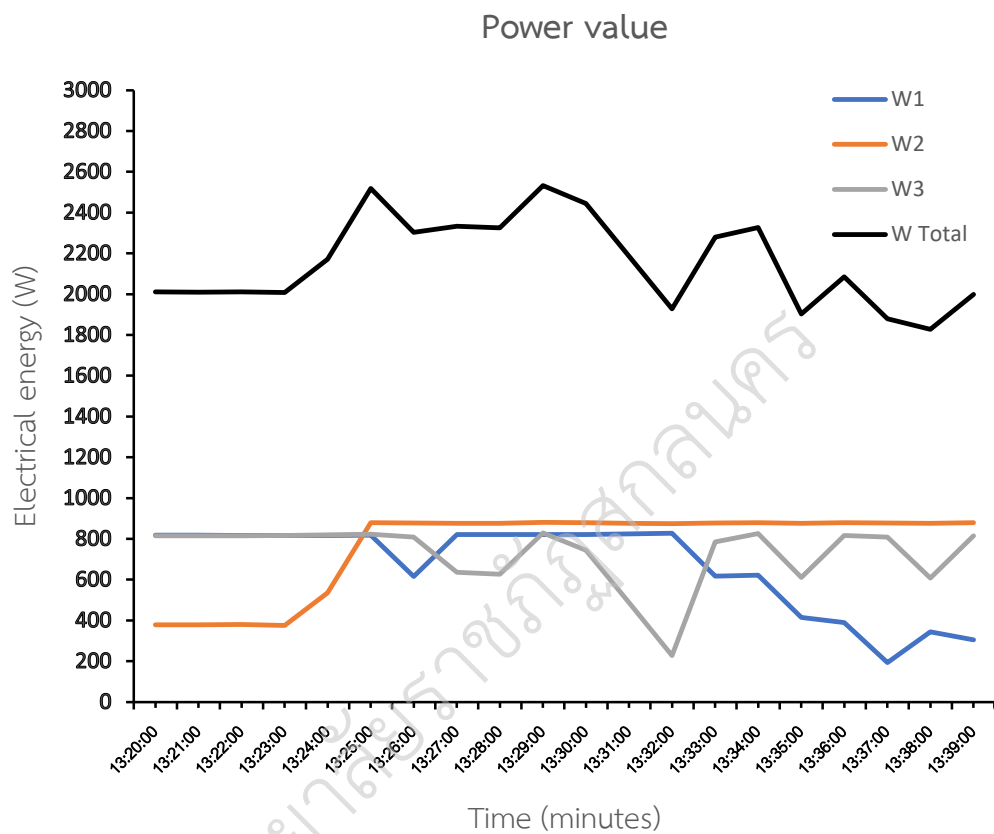
1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเปรียบเทียบข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าระหว่างวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 กับวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567
5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า ระหว่างวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 กับผลการเปรียบเทียบข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าระหว่างวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2567 กับวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567

1. ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก
ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567

ตาราง 1 ค่ากำลังไฟฟ้า ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฟสที่ 1 วัตต์ (W)	เฟสที่ 2 วัตต์ (W)	เฟสที่ 3 วัตต์ (W)	รวมทั้งหมด วัตต์ (W)
1	13.20	818.37	378.4	814.25	2011.02
2	13.21	817.39	378.49	814.35	2010.23
3	13.22	816.29	380.04	815.09	2011.42
4	13.23	816.62	376.05	815.96	2008.63
5	13.24	816.76	535.26	819.51	2171.53
6	13.25	817.53	879.06	822.28	2518.87
7	13.26	616.31	878.15	809.03	2303.49
8	13.27	821.34	876.46	635.29	2333.09
9	13.28	821.44	876.66	626.43	2324.53
10	13.29	821.71	880.98	829.03	2531.72
11	13.30	821.06	878.62	744.48	2444.16
12	13.31	823.79	875.69	486.18	2185.66
13	13.32	827.2	874.14	227.21	1928.55
14	13.33	617.78	876.99	784.58	2279.35
15	13.34	622.28	878.68	825.6	2326.56
16	13.35	414.93	876.22	611.37	1902.52
17	13.36	389.98	879.42	816.01	2085.41
18	13.37	192.64	877.57	809.2	1879.41
19	13.38	344.77	875.56	606.98	1827.31
20	13.39	304.29	878.62	815.01	1997.92
ค่าที่น้อยที่สุด		192.64	376.05	227.21	1827.31
ค่าที่มากที่สุด		827.2	880.98	829.03	2531.72
ค่าเฉลี่ย		667.124	760.553	726.39	2154.1

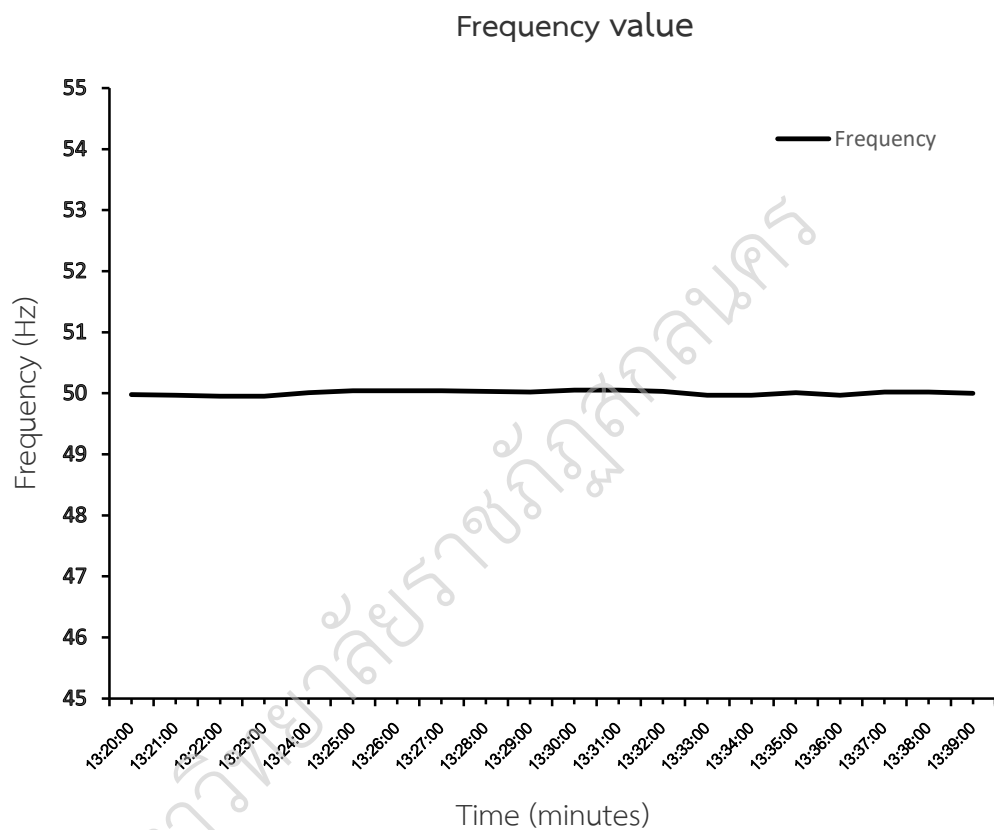
จากตาราง ค่ากำลังไฟฟ้า ของวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 แสดงได้ดังกราฟ



ตาราง 2 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพการดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า
Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฮิร์ตซ์ (Hz)
1	13.20	49.98
2	13.21	49.97
3	13.22	49.95
4	13.23	49.95
5	13.24	50.01
6	13.25	50.04
7	13.26	50.04
8	13.27	50.04
9	13.28	50.03
10	13.29	50.02
11	13.30	50.05
12	13.31	50.05
13	13.32	50.03
14	13.33	49.97
15	13.34	49.97
16	13.35	50.01
17	13.36	49.97
18	13.37	50.02
19	13.38	50.02
20	13.39	50
ค่าที่น้อยที่สุด		49.95
ค่าที่มากที่สุด		50.05
ค่าเฉลี่ย		50.01

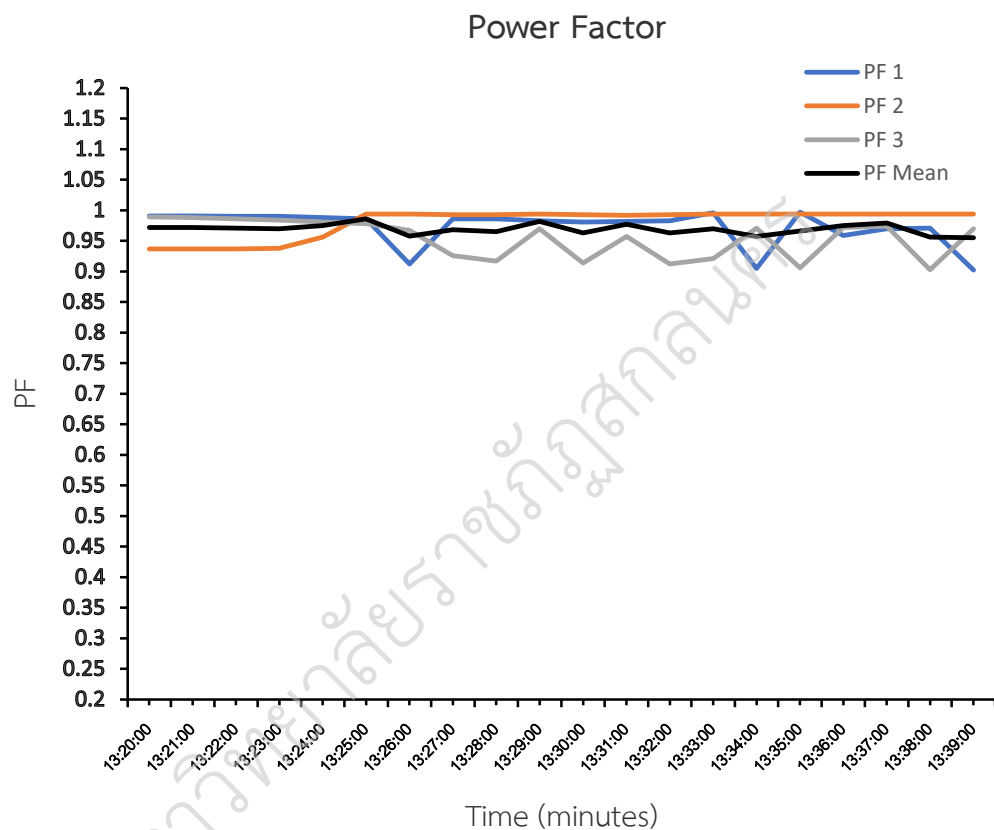
จากตาราง 2 ค่าความถี่ของประสิทธิภาพการกระจายของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 แสดงได้ดังกราฟ



ตาราง 3 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพการดิสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับ
ระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ
สกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	PF เฟส 1	PF เฟส 2	PF เฟส 3	PF ทั้ง 3 เฟส
1	13.20	0.991	0.937	0.989	0.972
2	13.21	0.991	0.937	0.988	0.972
3	13.22	0.99	0.937	0.986	0.971
4	13.23	0.99	0.938	0.984	0.97
5	13.24	0.988	0.956	0.981	0.975
6	13.25	0.986	0.994	0.978	0.986
7	13.26	0.912	0.994	0.967	0.958
8	13.27	0.986	0.993	0.926	0.968
9	13.28	0.986	0.993	0.917	0.965
10	13.29	0.983	0.994	0.97	0.982
11	13.30	0.981	0.993	0.914	0.963
12	13.31	0.982	0.992	0.957	0.977
13	13.32	0.983	0.993	0.912	0.963
14	13.33	0.996	0.994	0.921	0.837
15	13.34	0.905	0.994	0.971	0.957
16	13.35	0.997	0.994	0.906	0.966
17	13.36	0.959	0.994	0.972	0.975
18	13.37	0.97	0.994	0.974	0.979
19	13.38	0.971	0.994	0.903	0.956
20	13.39	0.902	0.994	0.97	0.955
ค่าที่น้อยที่สุด		0.902	0.937	0.903	0.837
ค่าที่มากที่สุด		0.997	0.994	0.989	0.986
ค่าเฉลี่ย		0.95245	0.98045	0.954	0.962

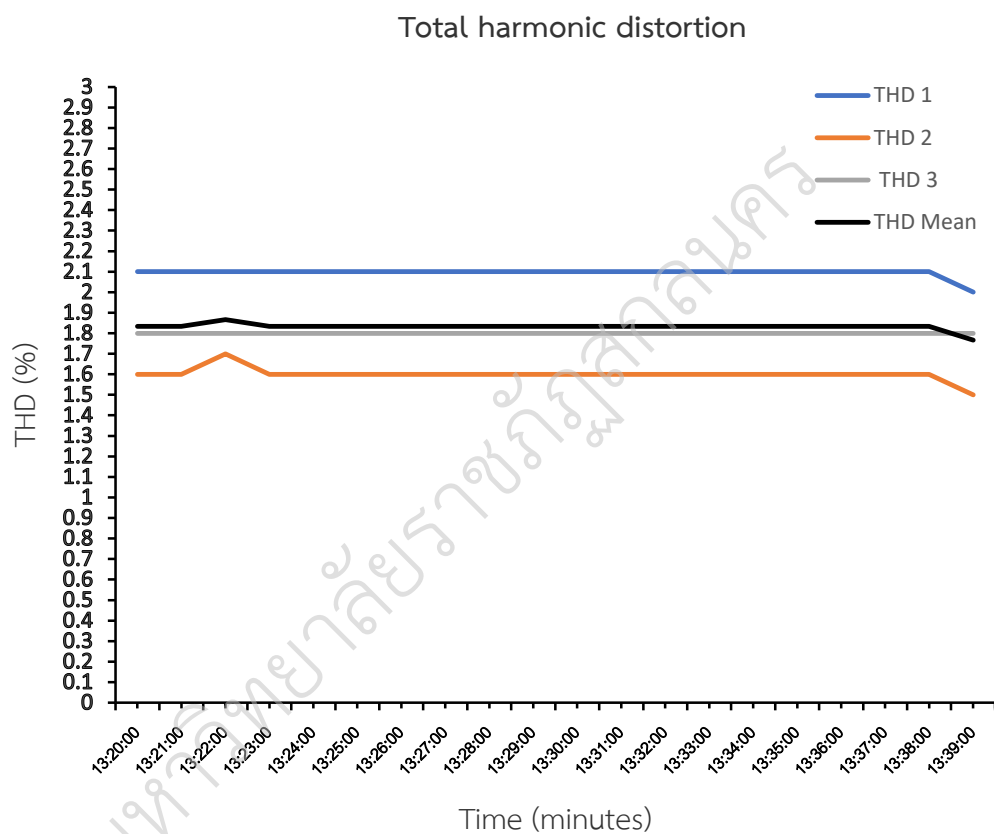
จากตาราง 3 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพการดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 แสดงได้ดังกราฟ



ตาราง 4 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพการดิสรจ
 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส
 ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส
 ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	แรงดัน เฟส 1	แรงดัน เฟส 2	แรงดัน เฟส 3	THD เฟส 1 (%)	THD เฟส 2 (%)	THD เฟส 3 (%)	THD ทั้ง 3 เฟส (%)
1	13.20	231.6	232.8	231	2.1	1.6	1.8	1.8333
2	13.21	231.5	232.8	231.1	2.1	1.6	1.8	1.8333
3	13.22	231.5	232.8	231.1	2.1	1.7	1.8	1.8667
4	13.23	231.4	232.8	231.1	2.1	1.6	1.8	1.8333
5	13.24	231.6	233	231.3	2.1	1.6	1.8	1.8333
6	13.25	231.7	233.1	231.4	2.1	1.6	1.8	1.8333
7	13.26	231.6	233.1	231.5	2.1	1.6	1.8	1.8333
8	13.27	231.4	232.9	231.2	2.1	1.6	1.8	1.8333
9	13.28	231.4	232.9	231.1	2.1	1.6	1.8	1.8333
10	13.29	231.5	232.9	231.2	2.1	1.6	1.8	1.8333
11	13.30	231.5	233	231.3	2.1	1.6	1.8	1.8333
12	13.31	231.4	232.9	231.3	2.1	1.6	1.8	1.8333
13	13.32	231.3	232.7	231	2.1	1.6	1.8	1.8333
14	13.33	230.7	232.2	230.6	2.1	1.6	1.8	1.8333
15	13.34	230.7	232.2	230.6	2.1	1.6	1.8	1.8333
16	13.35	230.8	232.3	230.6	2.1	1.6	1.8	1.8333
17	13.36	230.7	232.2	230.5	2.1	1.6	1.8	1.8333
18	13.37	230.8	232.2	230.7	2.1	1.6	1.8	1.8333
19	13.38	230.9	232	230.7	2.1	1.6	1.8	1.8333
20	13.39	230.8	232	230.6	2	1.5	1.8	1.7667
ค่าที่น้อยที่สุด		230.7	232	230.5	2	1.5	1.8	1.7667
ค่าที่มากที่สุด		231.7	233.1	231.5	2.1	1.7	1.8	1.8667
ค่าเฉลี่ย		231.24	232.64	230.995	2.095	1.6	1.8	1.8317

จากตาราง 4 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพการดิสชาร์จของระบบอินเวอร์ชันไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 แสดงได้ดังกราฟ



2. ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนครขนาด 30 KW ในสภาวะไม่ได้ดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับ ระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็น ค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตาราง 5 ค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จของระบบ

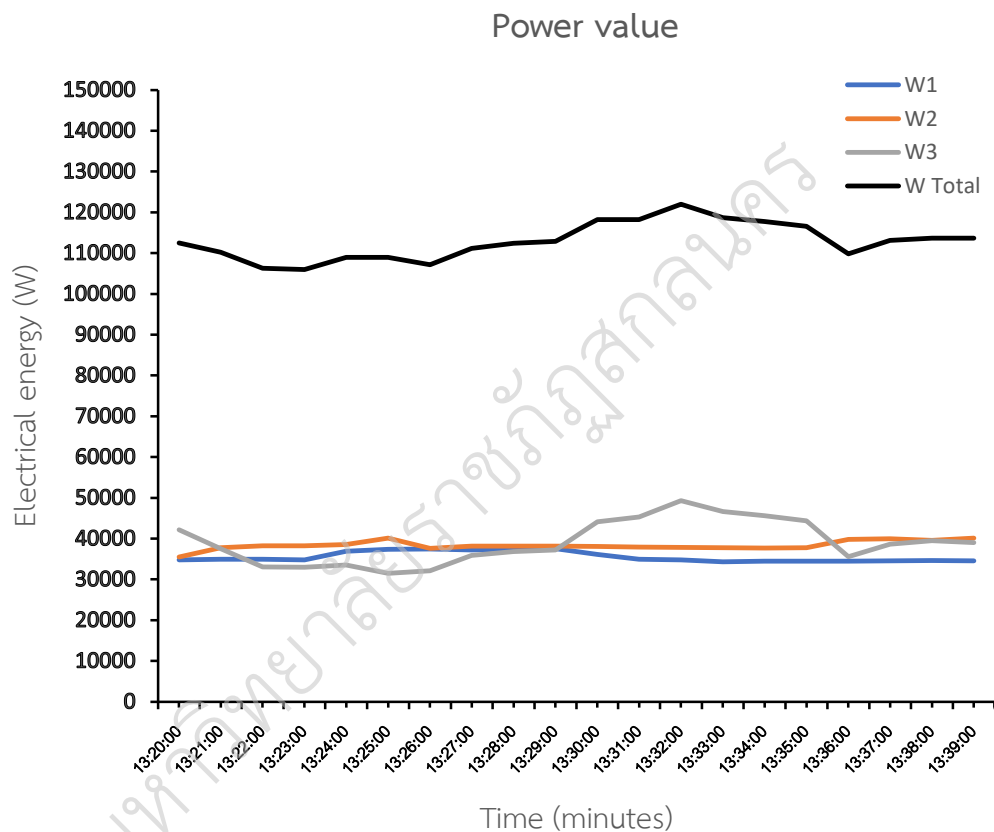
โอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม

พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฟสที่ 1 วัตต์(W)	เฟสที่ 2 วัตต์(W)	เฟสที่ 3 วัตต์(W)	รวมทั้งหมด วัตต์(W)
1	13.20	34820	35459	42193	112472
2	13.21	34932	37736	37532.7	110201
3	13.22	34976	38248	33064.6	106289
4	13.23	34761	38262	32946	105969
5	13.24	36899	38519	33498	108916
6	13.25	37406	40115	31452	108973
7	13.26	37442	37623	32091	107156
8	13.27	37181	38132	35851	111164
9	13.28	37415	38172	36856	112443
10	13.29	37512	38177	37225	112914
11	13.30	36112	38043	44098	118253
12	13.31	34976	37920	45312	118208
13	13.32	34786	37870	49325	121981
14	13.33	34317	37737	46662.9	118717
15	13.34	34484	37695	45582	117761
16	13.35	34485	37778	44332.5	116596
17	13.36	34490	39768	35552.4	109810
18	13.37	34562	39930	38597	113089
19	13.38	34588	39581	39481	113650
20	13.39	34567	40125	38995	113687
ค่าที่น้อยที่สุด		34317	35459	31452	105969
ค่าที่มากที่สุด		37512	40125	49325	121981
ค่าเฉลี่ย		35535.55	38344.5	39032.4	112912

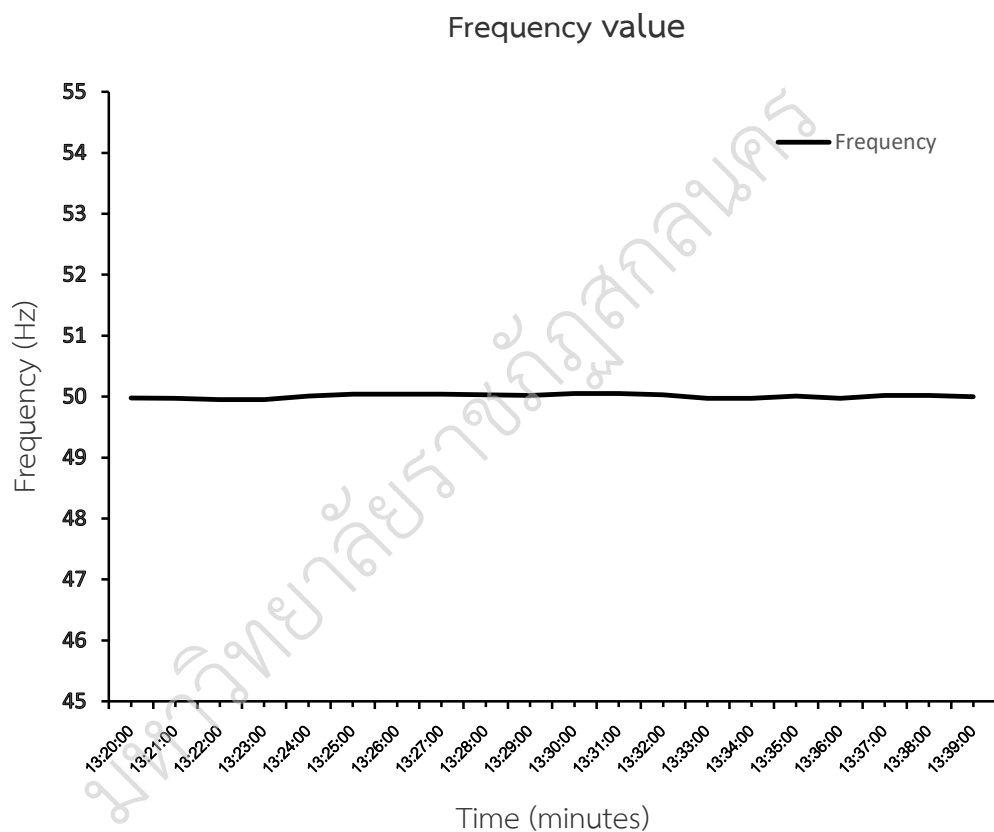
จากตาราง 5 ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า
ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จของระบบ
โอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัย
ราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ดังกราฟ



ตาราง 6 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า
 ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จ
 ของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส
 ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส
 ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฮิร์ตซ์ (Hz)
1	13.20	50.01
2	13.21	50
3	13.22	50
4	13.23	50.02
5	13.24	50.04
6	13.25	49.98
7	13.26	49.97
8	13.27	50.04
9	13.28	50.01
10	13.29	49.99
11	13.30	49.96
12	13.31	50.04
13	13.32	49.97
14	13.33	50.04
15	13.34	49.99
16	13.35	49.96
17	13.36	50.02
18	13.37	50.01
19	13.38	49.97
20	13.39	49.96
ค่าที่น้อยที่สุด		49.96
ค่าที่มากที่สุด		50.04
ค่าเฉลี่ย		49.999

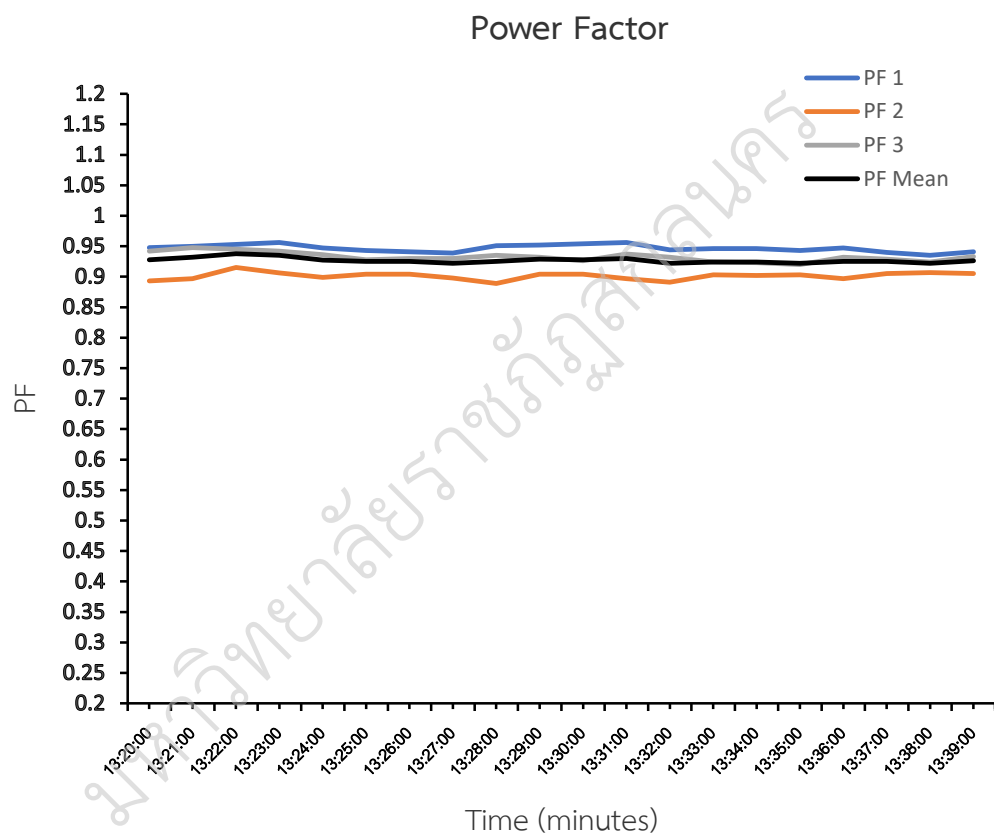
จากตาราง 6 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของ
รถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้
ดีสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถราง
ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม
พ.ศ. 2567



ตาราง 7 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของ
รถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยัง
ไม่ได้ดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid
แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส
ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	PF เฟส 1	PF เฟส 2	PF เฟส 3	PF ทั้ง 3 เฟส
1	13.20	0.948	0.893	0.942	0.928
2	13.21	0.95	0.897	0.948	0.932
3	13.22	0.953	0.915	0.945	0.938
4	13.23	0.956	0.906	0.942	0.935
5	13.24	0.947	0.899	0.936	0.927
6	13.25	0.943	0.904	0.928	0.925
7	13.26	0.941	0.904	0.93	0.925
8	13.27	0.939	0.898	0.93	0.922
9	13.28	0.951	0.889	0.935	0.925
10	13.29	0.952	0.904	0.932	0.929
11	13.30	0.954	0.904	0.926	0.928
12	13.31	0.956	0.897	0.937	0.93
13	13.32	0.944	0.891	0.932	0.922
14	13.33	0.946	0.903	0.924	0.924
15	13.34	0.946	0.902	0.923	0.924
16	13.35	0.943	0.903	0.92	0.922
17	13.36	0.947	0.897	0.932	0.925
18	13.37	0.94	0.905	0.929	0.925
19	13.38	0.935	0.907	0.924	0.922
20	13.39	0.941	0.905	0.933	0.926
ค่าที่น้อยที่สุด		0.935	0.889	0.92	0.922
ค่าที่มากที่สุด		0.956	0.915	0.948	0.938
ค่าเฉลี่ย		0.9466	0.90115	0.9324	0.927

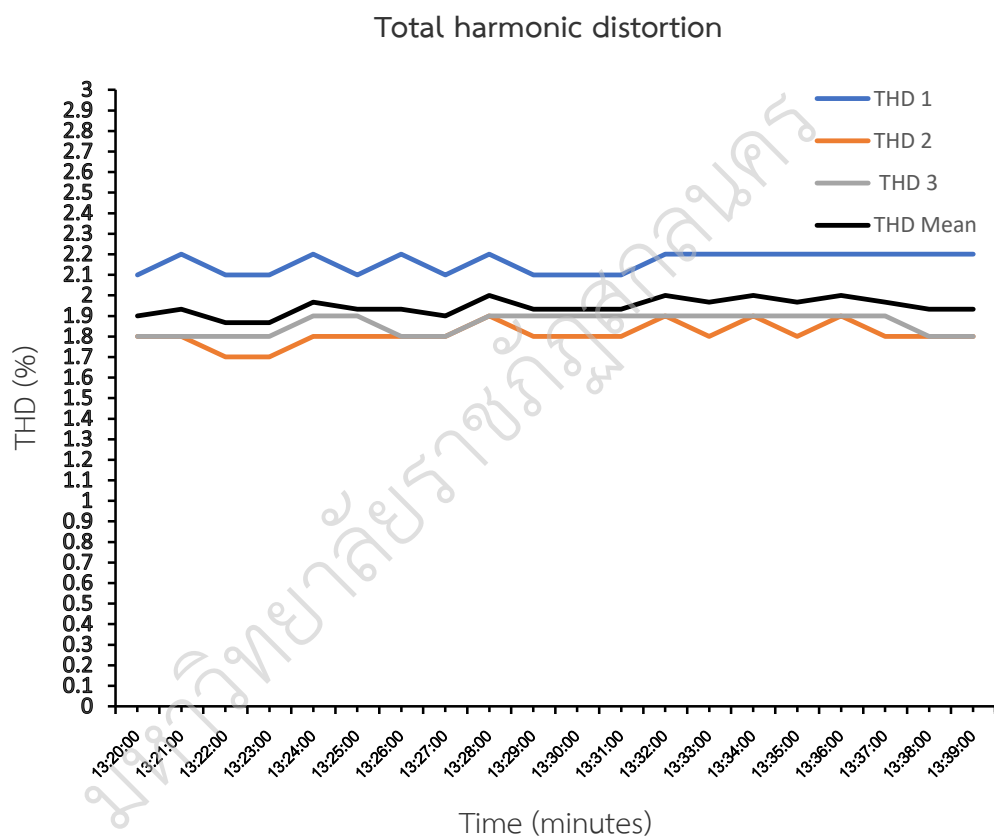
จากตาราง 7 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการ
 ชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยัง
 ไม่ได้ติดตั้งของระบบอินเวอร์ชันไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของ
 รถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม
 พ.ศ. 2567 แสดงได้ดังกราฟ



ตาราง 8 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้า
 ที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
 ขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า
 Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
 ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	แรงดัน เฟส 1	แรงดัน เฟส 2	แรงดัน เฟส 3	THD เฟส 1 (%)	THD เฟส 2 (%)	THD เฟส 3 (%)	THD ทั้ง 3 เฟส (%)
1	13.20	234.4	234.8	234.8	2.1	1.8	1.8	1.9
2	13.21	234.5	234.8	234.8	2.2	1.8	1.8	1.933
3	13.22	234.3	234.5	234.7	2.1	1.7	1.8	1.867
4	13.23	234.3	234.8	234.7	2.1	1.7	1.8	1.867
5	13.24	234.4	234.9	234.9	2.2	1.8	1.9	1.967
6	13.25	234.3	234.9	234.9	2.1	1.8	1.9	1.933
7	13.26	234	234.5	234.5	2.2	1.8	1.8	1.933
8	13.27	234.6	235	235	2.1	1.8	1.8	1.9
9	13.28	234.5	235.1	234.9	2.2	1.9	1.9	2
10	13.29	234.3	234.9	234.6	2.1	1.8	1.9	1.933
11	13.30	234.1	234.7	234.5	2.1	1.8	1.9	1.933
12	13.31	234.7	235.3	234.9	2.1	1.8	1.9	1.933
13	13.32	234.7	235.2	234.9	2.2	1.9	1.9	2
14	13.33	235.2	235.5	235.4	2.2	1.8	1.9	1.967
15	13.34	234.6	235.2	234.9	2.2	1.9	1.9	2
16	13.35	234.5	235.1	235	2.2	1.8	1.9	1.967
17	13.36	234.6	235.3	235	2.2	1.9	1.9	2
18	13.37	234.1	234.7	234.5	2.2	1.8	1.9	1.967
19	13.38	233.9	234.5	234.4	2.2	1.8	1.8	1.933
20	13.39	234	234.6	234.5	2.2	1.8	1.8	1.933
ค่าที่น้อยที่สุด		233.9	234.5	234.4	2.1	1.7	1.8	1.867
ค่าที่มากที่สุด		235.2	235.5	235.4	2.2	1.9	1.9	2
ค่าเฉลี่ย		234.4	234.915	234.79	2.16	1.81	1.86	1.943

จากตาราง 8 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ดังกราฟ



3. ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่า Power Factor ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนครขนาด 30 KW ในสภาวะดิสชาร์จของระบบอินเวอร์เตอร์ไฟฟ้าให้กับ ระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็น ค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

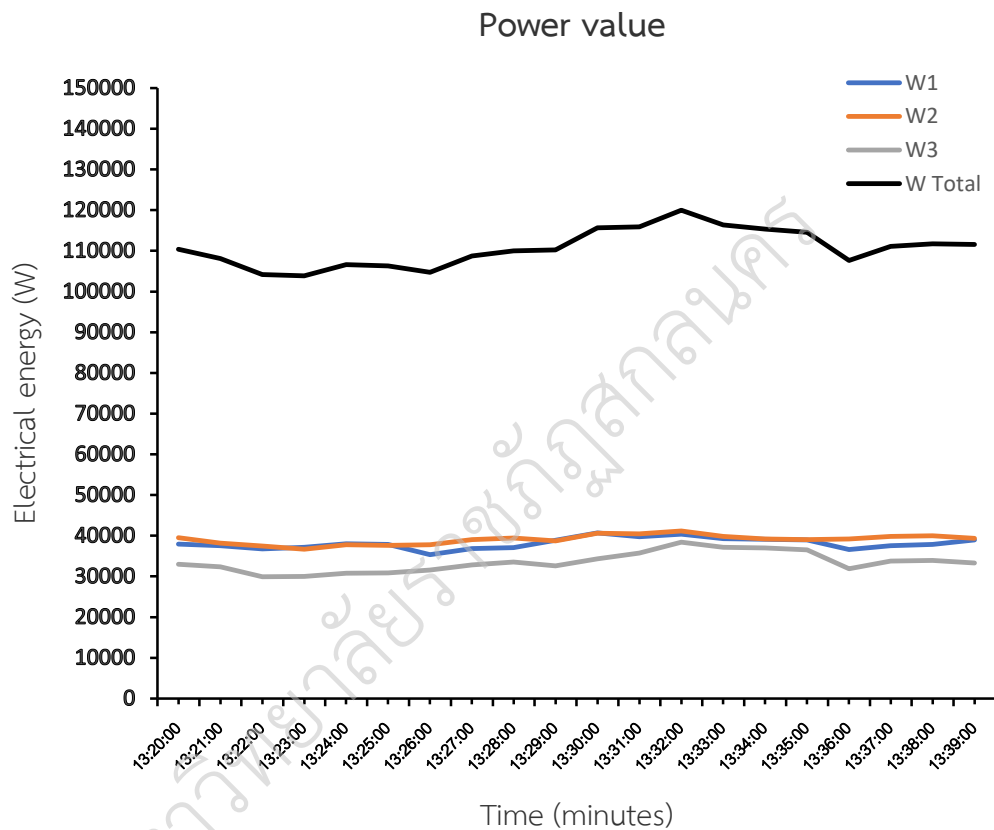
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตาราง 9 ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จของระบบอินพลังงาน
ไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัย
ราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฟสที่ 1 วัตต์(W)	เฟสที่ 2 วัตต์(W)	เฟสที่ 3 วัตต์(W)	รวมทั้งหมด วัตต์(W)
1	13.20	37907.85	39493.96	32947.69	110350
2	13.21	37559.88	38152.83	32374.11	108087
3	13.22	36778.68	37489.73	29882.31	104151
4	13.23	37179.42	36706.03	29967.36	103853
5	13.24	38027.27	37802	30814.04	106643
6	13.25	37828.25	37660.59	30836.83	106326
7	13.26	35375.27	37763.94	31585.8	104725
8	13.27	36806.71	39059.89	32825.98	108693
9	13.28	37063.39	39411.38	33541.33	110016
10	13.29	38882.11	38752.99	32622.61	110258
11	13.30	40715.7	40625.4	34347.63	115689
12	13.31	39724.67	40476.33	35712.08	115913
13	13.32	40376.73	41183	38390.54	119950
14	13.33	39313.05	39866.37	37148.16	116328
15	13.34	39137.26	39159.87	37032.88	115330
16	13.35	38957.12	39056.84	36555.23	114569
17	13.36	36570.81	39168.81	31884.18	107624
18	13.37	37551.7	39807.3	33744.68	111104
19	13.38	37855.6	39954.09	33890.54	111700
20	13.39	38935.86	39340.25	33294.75	111571
ค่าที่น้อยที่สุด		35375.27	36706.03	29882.31	103853
ค่าที่มากที่สุด		40715.7	41183	38390.54	119950
ค่าเฉลี่ย		38127.367	39046.58	33469.9	110644

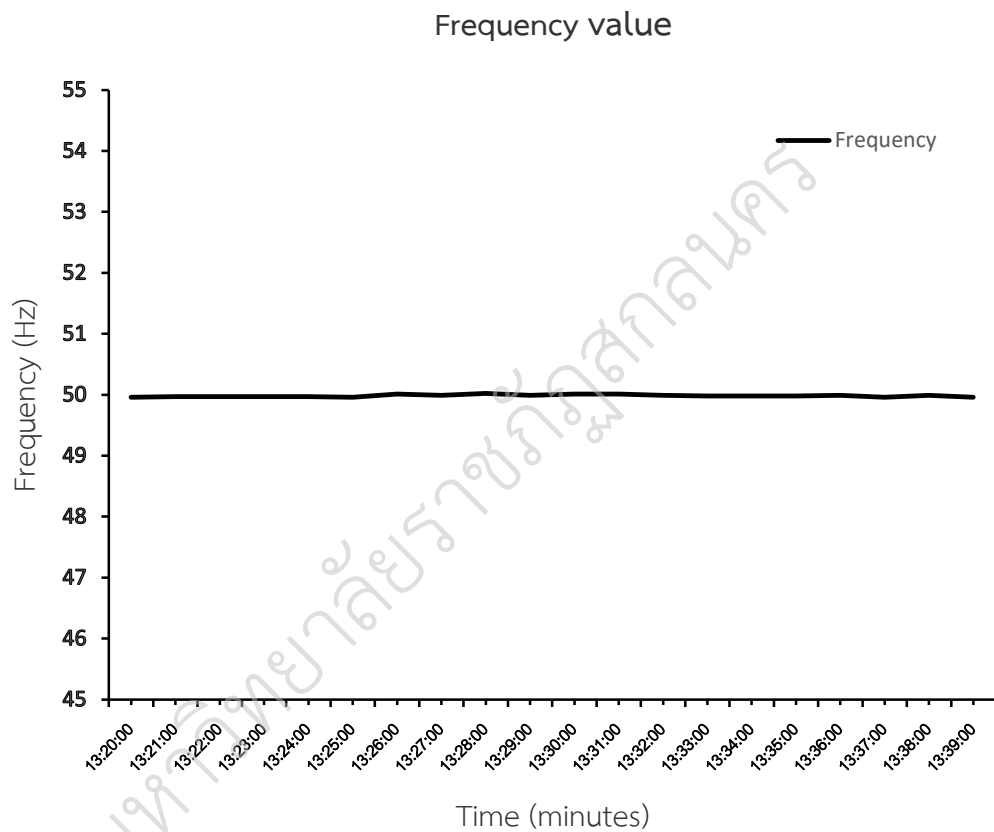
จากตาราง 9 ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะติสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ดังกราฟ



ตาราง 10 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่ช่วยให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า
 ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จของระบบ
 โอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม
 พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	เฮิร์ตซ์ (Hz)
1	13.20	49.96
2	13.21	49.97
3	13.22	49.97
4	13.23	49.97
5	13.24	49.97
6	13.25	49.96
7	13.26	50.01
8	13.27	49.99
9	13.28	50.02
10	13.29	49.99
11	13.30	50.01
12	13.31	50.01
13	13.32	49.99
14	13.33	49.98
15	13.34	49.98
16	13.35	49.98
17	13.36	49.99
18	13.37	49.96
19	13.38	49.99
20	13.39	49.96
ค่าที่น้อยที่สุด		49.96
ค่าที่มากที่สุด		50.02
ค่าเฉลี่ย		49.98

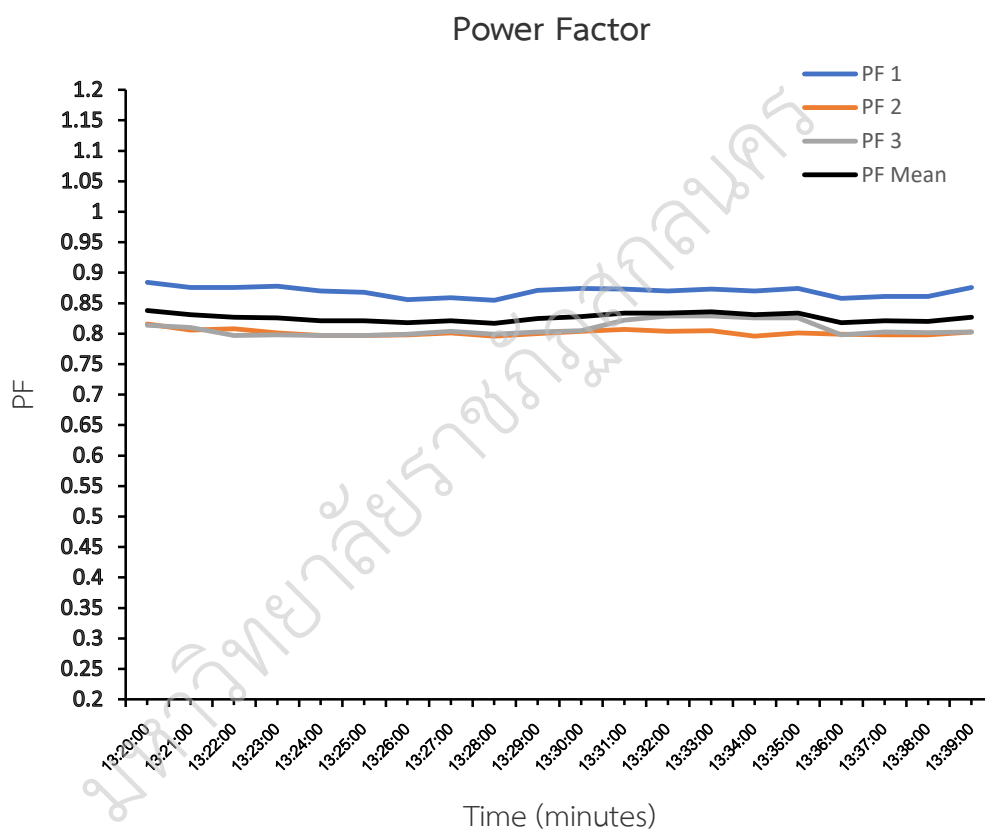
จากตาราง 10 ค่าความถี่ ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จ
ของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จ
ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567



ตาราง 11 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	PF เฟส 1	PF เฟส 2	PF เฟส 3	PF ทั้ง 3 เฟส
1	13.20	0.884	0.816	0.814	0.838
2	13.21	0.876	0.806	0.81	0.831
3	13.22	0.876	0.808	0.797	0.827
4	13.23	0.878	0.801	0.798	0.826
5	13.24	0.87	0.797	0.797	0.821
6	13.25	0.868	0.797	0.797	0.821
7	13.26	0.856	0.798	0.799	0.818
8	13.27	0.859	0.801	0.804	0.821
9	13.28	0.855	0.796	0.799	0.817
10	13.29	0.871	0.8	0.803	0.825
11	13.30	0.874	0.804	0.805	0.828
12	13.31	0.873	0.807	0.822	0.834
13	13.32	0.87	0.804	0.829	0.834
14	13.33	0.873	0.805	0.829	0.836
15	13.34	0.87	0.796	0.826	0.831
16	13.35	0.874	0.801	0.826	0.834
17	13.36	0.858	0.799	0.798	0.818
18	13.37	0.861	0.798	0.803	0.821
19	13.38	0.861	0.798	0.802	0.82
20	13.39	0.876	0.803	0.803	0.827
ค่าที่น้อยที่สุด		0.855	0.796	0.797	0.817
ค่าที่มากที่สุด		0.884	0.816	0.829	0.838
ค่าเฉลี่ย		0.86915	0.80175	0.80805	0.826

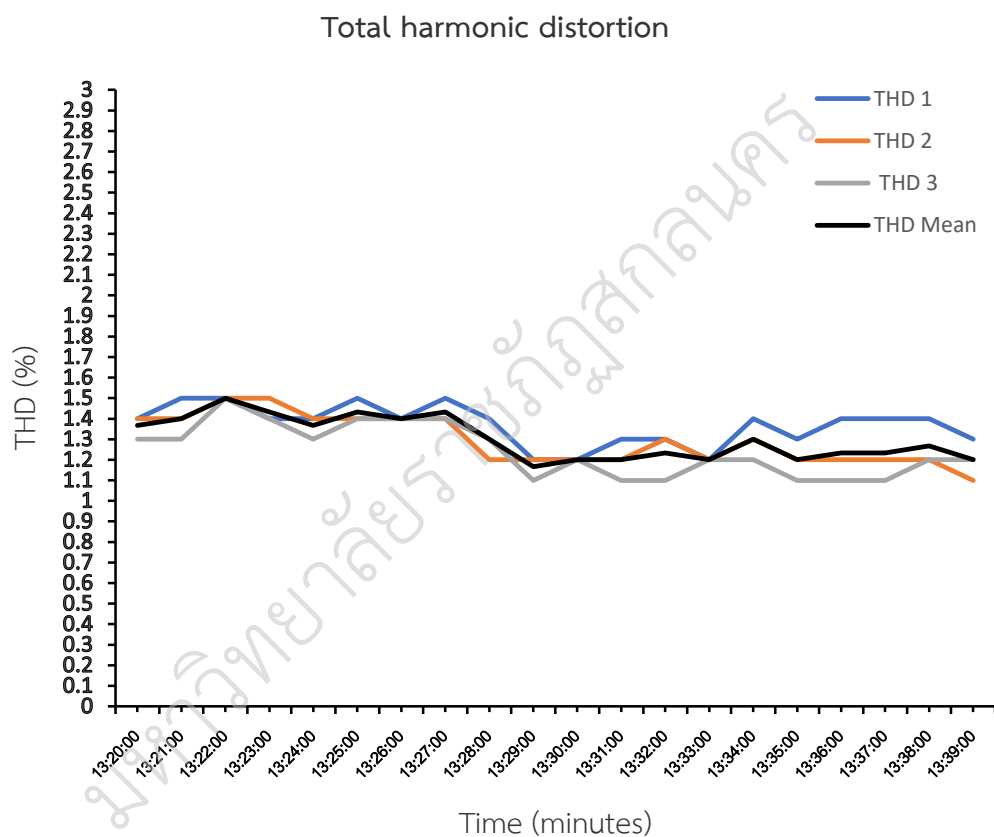
จากตาราง 11 ค่า Power Factor ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการ
 ชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะ
 ดิสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถราง
 ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม
 พ.ศ. 2567 ดังกราฟ



ตาราง 12 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพ ระบบไฟฟ้า
 ที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
 ขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า
 Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
 ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567

ลำดับ	เวลา	แรงดัน เฟส 1	แรงดัน เฟส 2	แรงดัน เฟส 3	THD เฟส 1 (%)	THD เฟส 2 (%)	THD เฟส 3 (%)	THD ทั้ง 3 เฟส (%)
1	13.20	228.2	230	228	1.4	1.4	1.3	1.367
2	13.21	228.1	230.1	228	1.5	1.4	1.3	1.4
3	13.22	228.4	230.4	228.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	13.23	228.5	230.5	228.5	1.4	1.5	1.4	1.433
5	13.24	228.5	230.5	228.5	1.4	1.4	1.3	1.367
6	13.25	228.7	230.5	228.6	1.5	1.4	1.4	1.433
7	13.26	228.7	230.5	228.6	1.4	1.4	1.4	1.4
8	13.27	228.3	230.2	228.4	1.5	1.4	1.4	1.433
9	13.28	228.4	230.3	228.5	1.4	1.2	1.3	1.3
10	13.29	228	229.9	228.1	1.2	1.2	1.1	1.167
11	13.30	227.6	229.6	227.7	1.2	1.2	1.2	1.2
12	13.31	228.1	230	228.1	1.3	1.2	1.1	1.2
13	13.32	228.2	230.1	228.1	1.3	1.3	1.1	1.233
14	13.33	228.2	230.1	228.2	1.2	1.2	1.2	1.2
15	13.34	228.8	230.8	228.7	1.4	1.3	1.2	1.3
16	13.35	227.8	229.9	227.8	1.3	1.2	1.1	1.2
17	13.36	228.4	230.3	228.4	1.4	1.2	1.1	1.233
18	13.37	227.8	229.9	227.9	1.4	1.2	1.1	1.233
19	13.38	228.1	230	228.1	1.4	1.2	1.2	1.267
20	13.39	228.1	230	228.2	1.3	1.1	1.2	1.2
ค่าที่น้อยที่สุด		227.6	229.6	227.7	1.2	1.1	1.1	1.167
ค่าที่มากที่สุด		228.8	230.8	228.7	1.5	1.5	1.5	1.5
ค่าเฉลี่ย		228.245	230.18	228.245	1.37	1.295	1.245	1.303

จากตาราง 12 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ของประสิทธิภาพ ระบบ ไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567



4. ผลการเปรียบเทียบข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าระบบไฟฟ้าของอาคาร 19

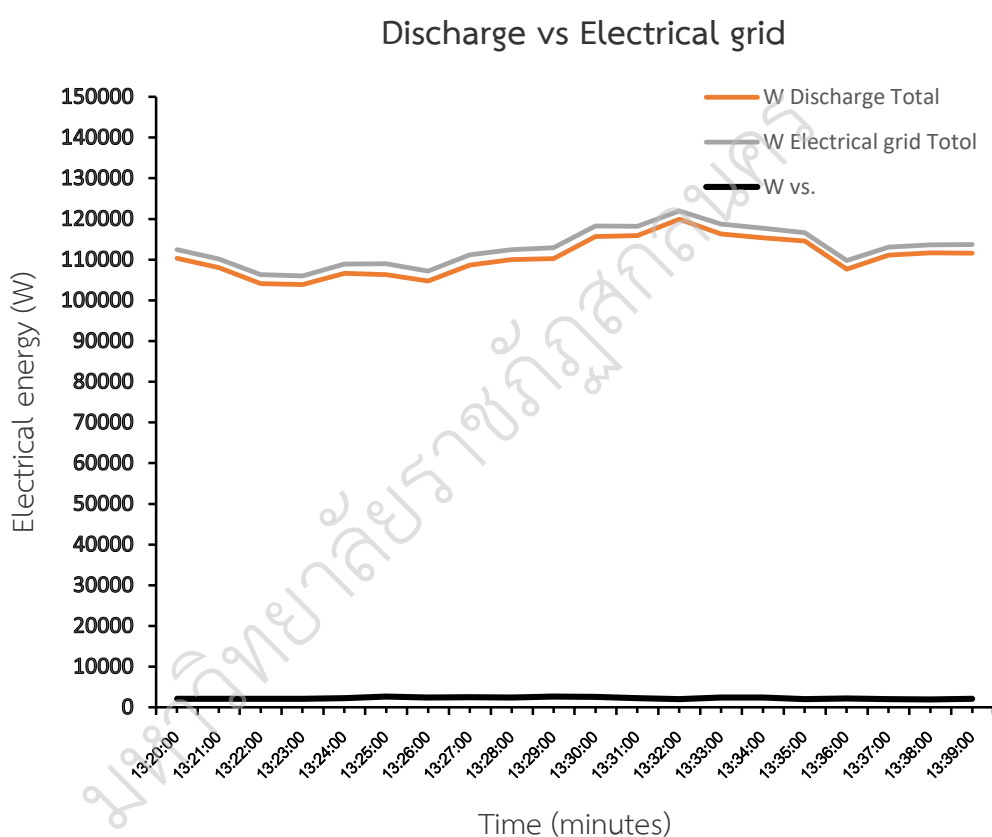
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW. ที่บันทึกลงในตารางบันทึกผลระหว่าง
สภาวะดีสชาร์จกับสภาวะไม่ได้ดีสชาร์จ รรรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่าน
ได้อย่างชัดเจน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตาราง 13 เปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า
 ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จ
 ในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่ 16 เดือน
 มกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid
 แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส

ลำดับ	เวลา	ขณะดิสชาร์จ ผลรวม/วัตต์(W)	ขณะไม่ได้ดิสชาร์จ ผลรวม/วัตต์(W)	ผลต่าง วัตต์(W)	ผลต่าง (%)
1	13.20	110350	112472	2122	1.89
2	13.21	108087	110201	2114	1.88
3	13.22	104151	106289	2138	1.9
4	13.23	103853	105969	2116	1.89
5	13.24	106643	108916	2273	2.02
6	13.25	106326	108973	2647	2.35
7	13.26	104725	107156	2431	2.16
8	13.27	108693	111164	2471	2.20
9	13.28	110016	112443	2427	2.16
10	13.29	110258	112914	2656	2.36
11	13.30	115689	118253	2564	2.28
12	13.31	115913	118208	2295	2.04
13	13.32	119950	121981	2031	1.81
14	13.33	116328	118717	2389	2.12
15	13.34	115330	117761	2431	2.16
16	13.35	114569	116596	2027	1.80
17	13.36	107624	109810	2186	1.94
18	13.37	111104	113089	1985	1.76
19	13.38	111700	113650	1950	1.73
20	13.39	111571	113687	2116	1.88
ค่าที่น้อยที่สุด		103853	105969	1950	1.73
ค่าที่มากที่สุด		119950	121981	2656	2.36
ค่าเฉลี่ย		110644	112912	2268	2.01

จากตาราง 13 เปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ดิสชาร์จในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะที่ไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส



5. ผลการเปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้า กับผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในขณะดิสชาร์จและขณะไม่ได้ ดิสชาร์จ ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และสร้างกราฟแสดงผลการทดลองเพื่อให้เห็นค่าที่อ่านได้อย่างชัดเจน

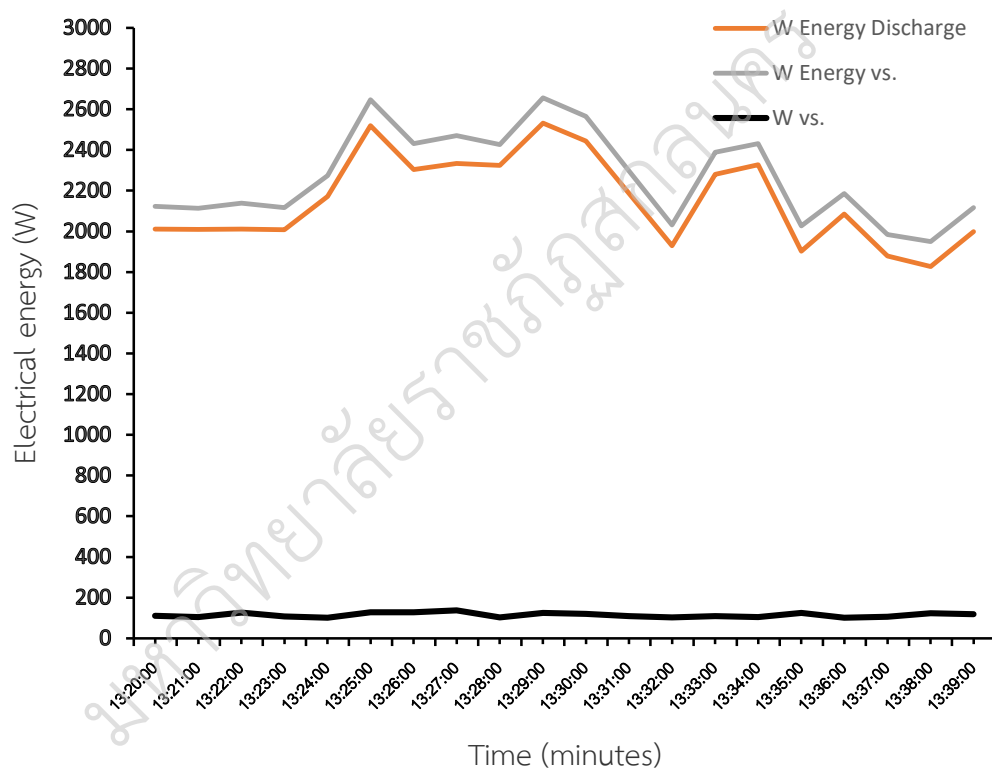
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตาราง 14 เปรียบเทียบ ตารางที่ 4.1 ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบโณพลังงานไฟฟ้า
ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับ ผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการ
ชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW
ในขณะดิสชาร์จในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะที่ไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่
16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโณพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle
to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW
ต่อ 1 เฟส ของตาราง 13

ลำดับ	เวลา	ประสิทธิภาพการดิสชาร์จ ของรถรางไฟฟ้า วัตต์(W)	ผลต่างของ ตาราง 3.4 วัตต์(W)	ผลต่าง วัตต์(W)
1	13.20	2011.02	2122	110.98
2	13.21	2010.23	2114	103.77
3	13.22	2011.42	2138	126.58
4	13.23	2008.63	2116	107.37
5	13.24	2171.53	2273	101.47
6	13.25	2518.87	2647	128.13
7	13.26	2303.49	2431	127.51
8	13.27	2333.09	2471	137.91
9	13.28	2324.53	2427	102.47
10	13.29	2531.72	2656	124.28
11	13.30	2444.16	2564	119.84
12	13.31	2185.66	2295	109.34
13	13.32	1928.55	2031	102.45
14	13.33	2279.35	2389	109.65
15	13.34	2326.56	2431	104.44
16	13.35	1902.52	2027	124.48
17	13.36	2085.41	2186	100.59
18	13.37	1879.41	1985	105.59
19	13.38	1827.31	1950	122.69
20	13.39	1997.92	2116	118.08
ค่าที่น้อยที่สุด		1827.31	1950	100.59
ค่าที่มากที่สุด		2531.72	2656	137.91
ค่าเฉลี่ย		2154.1	2268	114.4

จากตาราง 14 เปรียบเทียบ ตารางที่ 4.1 ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบ โอนพลังงานไฟฟ้า ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับ ผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้าที่จ่าย ให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ดิสชาร์จในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะที่ไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่ 16 เดือน มกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ของตาราง 13

Energy Discharge vs Energy vs.



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาผลกระทบของระบบถ่ายโอนพลังงานรกรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดสรุปผลตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปและอภิปรายผลวิจัย

1. จากการใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B วัดค่าระบบถ่ายโอนพลังงานรกรางไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส เข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า และเก็บข้อมูล ค่ากำลังไฟฟ้า จากตารางที่ 4.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดคือ 2171.53 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุดคือ 1827.31 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้า 2154.1 วัตต์ ค่าความถี่ จากตารางที่ 4.1.1 ค่าความถี่ที่มากที่สุด 50.05 เฮิรตซ์ ค่าความถี่ที่น้อยที่สุด 49.97 เฮิรตซ์ ค่าเฉลี่ยความถี่ 50.01 เฮิรตซ์ ค่า Power Factor จากตารางที่ 4.1.2 ค่า Power Factor มากที่สุด 0.986 ค่า Power Factor น้อยที่สุด 0.837 ค่าเฉลี่ย Power Factor 0.962 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) จากตารางที่ 4.1.3 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ที่มากที่สุด 1.8667 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ที่น้อยที่สุด 1.7667 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) 1.8317 เปอร์เซ็นต์

2. จากการใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B วัดค่าระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรกรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ยังไม่ได้ดีสชาร์จของระบบโอนพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรกรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และเก็บข้อมูล ค่ากำลังไฟฟ้า จากตารางที่ 4.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดคือ 121981 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุดคือ 105969 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้า 112912 วัตต์ ค่าความถี่ จากตารางที่ 4.2.1 ค่าความถี่ที่มากที่สุด 50.04 เฮิรตซ์ ค่าความถี่ที่น้อยที่สุด 49.96 เฮิรตซ์ ค่าเฉลี่ยความถี่ 49.99 เฮิรตซ์ ค่า Power Factor จากตารางที่ 4.2.2 ค่า Power Factor มากที่สุด 0.938 ค่า Power Factor น้อยที่สุด 0.922 ค่าเฉลี่ย Power Factor 0.927 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) จากตารางที่ 4.2.3 ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ที่มากที่สุด 2 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ

(THD) ที่น้อยที่สุด 1.867 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญา (THD) 1.943 เปอร์เซ็นต์

3. จากการใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 8334B วัดค่าระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 30 KW ในขณะที่ดิสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส และเก็บข้อมูล ค่ากำลังไฟฟ้า จากตารางที่ 4.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดคือ 119950 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุดคือ 103853 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้า 110644 วัตต์ ค่าความถี่ จากตารางที่ 4.3.1 ค่าความถี่ที่มากที่สุด 50.02 เฮิรตซ์ ค่าความถี่ที่น้อยที่สุด 49.96 เฮิรตซ์ ค่าเฉลี่ยความถี่ 49.98 เฮิรตซ์ ค่า Power Factor จากตารางที่ 4.3.2 ค่า Power Factor มากที่สุด 0.836 ค่า Power Factor น้อยที่สุด 0.818 ค่าเฉลี่ย Power Factor 0.826 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญา (THD) จากตารางที่ 4.3.3 ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญา (THD) ที่มากที่สุด 1.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญา (THD) ที่น้อยที่สุด 1.167 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยความเพี้ยนฮาร์มอนิก ที่มีอยู่ในสัญญา (THD) 1.303 เปอร์เซ็นต์

4. จากการเปรียบเทียบ ค่ากำลังไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในขณะที่ดิสชาร์จในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะที่ไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ตาราง 13 ค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างที่มากที่สุด 2656 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างที่น้อยที่สุด 1950 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าผลต่าง 2268 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างที่มากที่สุดร้อยละ 2.36 เปอร์เซ็นต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างที่น้อยที่สุดร้อยละ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าผลต่างร้อยละ 2.01 เปอร์เซ็นต์

5. จากการเปรียบเทียบ ตาราง 1 ค่ากำลังไฟฟ้า การดิสชาร์จของระบบอินพลังงานไฟฟ้า ในวันที่ 15 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับ ผลต่างระหว่างระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ในการชาร์จของรถรางไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 30 KW ในขณะที่ดิสชาร์จในวันที่ 17 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 กับในขณะที่ไม่ได้ดิสชาร์จในวันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ของระบบอินพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส ตาราง 13 ค่าพลังงานไฟฟ้า

ผลต่างที่มากที่สุด 137.91 วัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างที่น้อยที่สุด 101.47 วัตต์ ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าผลต่าง 114.4 วัตต์

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ระบบถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้า Vehicle to Grid แบบ 3 เฟส ของรถรางไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครขนาด 1.2 KW ต่อ 1 เฟส เข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า มีค่าพลังงานไฟฟ้าค่าเฉลี่ย 2268 วัตต์ มีค่าพลังงานไฟฟ้าผลต่างในการวิเคราะห์ข้อมูล ในวันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2567 กับ วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2567 ค่าเฉลี่ย 114.4 วัตต์ สามารถเข้าไปชดเชยพลังงานไฟฟ้าระบบโครงข่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด อาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครมีค่าเฉลี่ยชดเชยพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 2.01 เปอร์เซ็นต์ และในขณะที่ดีสชาร์จเข้ากับระบบไฟฟ้า ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มีผลกระทบต่อค่าความถี่ มีค่าเฉลี่ย 49.98 เฮิร์ตซ์ สามารถถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้ ผลกระทบต่อค่า Power Factor ค่าเฉลี่ย 0.826 อยู่ในระดับที่สามารถถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้ ผลกระทบต่อค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิก ที่มีอยู่ในสัญญาณ (THD) ค่าเฉลี่ย 1.303 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับที่สามารถถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าสู่ระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้

2. ข้อเสนอแนะ

1. ในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและเก็บข้อมูล ยังมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครของแต่ละวัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เหมือนกัน
2. การถ่ายโอนพลังงานรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า จำเป็นต้องคำนึงถึง ค่าความจุของแบตเตอรี่ ไม่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่อยู่ภายในตัวรถรางไฟฟ้าไม่ทำงาน ทำให้ไม่สามารถถ่ายโอนพลังงานจากรถรางไฟฟ้าเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้าได้

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). *การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน.
- กฤษฎา พรหมพินิจ และ วาสนา เกษมสินธ์. (2561). หลักการอัดประจุแบตเตอรี่ มาตรฐานการอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า สถานีอัดประจุแบตเตอรี่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- คอนเวอร์เตอร์. 25 สิงหาคม (2563). จาก <https://Kb.psu.ac.th>
- เซลล์ภายในแบตเตอรี่. (2564). จาก *วัสดุแอโนดประสิทธิภาพสูงสำหรับแบตเตอรี่ลิเทียม ไอออน : อนาคตยานยนต์ไฟฟ้าของไทย จากห้องวิจัยวิทยา มช. เข้าถึงได้จาก*
<https://www.optimumnanorechargeablelithionbatteries.com>
- เซลล์แหล่งจ่ายแบบพัลส์ชนิดแรงดัน 25 สิงหาคม. (2563) จาก <https://Kb.psu.ac.th>
- ธงชัย คล้ายคลึง. (2560). *พื้นฐานการใช้งาน โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.
- แบตเตอรี่ 20 มีนาคม (2543) จาก <https://th.m.wikipedia.org> บริษัท Wikipedia
- พิมพ์ ลิ้มทองกุล (2560) *การวิจัยแบตเตอรี่ต้นแบบสำหรับรถยนต์นั่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- รูปแบบคลื่น. 16 สิงหาคม (2562). จาก <https://www.inverter.com>
- ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล. (2563). *พัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพแบตเตอรี่รถไฟฟ้า 3 ล้อขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน*. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ออนบอร์ดชาร์จเจอร์ (2021). *ออนบอร์ดชาร์จเจอร์*. เข้าถึงได้จาก
<https://homeguru.homepro.co.th>
- เอกชัย ไพศาลกิตติสกุล. (2558). *การจัดการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าตามเวลาจริงโดยการรักษาระดับความต้องการใช้ กำลังไฟฟ้าสูงสุดในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบจัดการพลังงาน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ADVANCE ELECTRONIC TRAINING CENTER. (2560). PLC. เข้าถึงได้จาก
<http://www.advance-electronic.com>
- APATECH. (2565). *ชนิดแบตเตอรี่รถยนต์*. เข้าถึงได้จาก <https://www.aprtech.co.th>.
- SOYOSOURCE. (2565). *อินเวอร์เตอร์*. เข้าถึงได้จาก <https://mauritius.desertcart.com>

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

W คันทรงงาน 15 มก 67.xls [โหมดความเข้ากันได้]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Model C A 8334	Serial number	301052										
2	Trend	KOL4											
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended									
4	15/1/67	13:20:00	15/1/67	13:40:00									
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire												
6													
7	Date	Time	W1	W2	W3	W Total							
8			W	W	W	W							
9													
10	15/1/67	13:20:00	818.37	378.4	814.25	2011							
11	15/1/67	13:21:00	817.39	378.49	814.35	2010.2							
12	15/1/67	13:22:00	816.29	380.04	815.09	2011.4							
13	15/1/67	13:23:00	816.62	376.05	815.96	2008.6							
14	15/1/67	13:24:00	816.76	535.26	819.51	2171.5							
15	15/1/67	13:25:00	817.53	879.06	822.28	2518.9							
16	15/1/67	13:26:00	816.31	878.15	809.03	2303.5							
17	15/1/67	13:27:00	821.34	876.46	835.29	2333.1							
18	15/1/67	13:28:00	821.44	876.66	826.43	2324.5							
19	15/1/67	13:29:00	821.71	880.98	829.03	2531.7							
20	15/1/67	13:30:00	821.06	878.62	744.48	2444.2							
21	15/1/67	13:31:00	823.79	875.69	486.18	2185.7							
22	15/1/67	13:32:00	827.2	874.14	227.21	1928.6							
23	15/1/67	13:33:00	817.78	876.99	784.58	2279.4							
24	15/1/67	13:34:00	822.28	878.68	825.6	2326.6							
25	15/1/67	13:35:00	814.93	876.22	611.37	1902.5							
26	15/1/67	13:36:00	389.98	879.42	816.01	2085.4							
27	15/1/67	13:37:00	192.64	877.57	809.2	1879.4							
28	15/1/67	13:38:00	344.77	875.56	606.98	1827.3							
29	15/1/67	13:39:00	304.29	878.62	815.01	1997.9							
30			667.124	760.553	726.39	2154.1							
31													

ภาพประกอบ 31 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของรกรางไฟฟ้า ในวันที่ 15 มกราคม 2567

W คันทรงงาน 15 มก 67.xls [โหมดความเข้ากันได้]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended							
4	15/1/67	13:20:00	15/1/67	13:40:00							
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire										
6											
7	Date	Time	Frequency								
8			Hz								
9											
10	15/1/67	13:20:00	49.98								
11	15/1/67	13:21:00	49.97								
12	15/1/67	13:22:00	49.95								
13	15/1/67	13:23:00	49.95								
14	15/1/67	13:24:00	50.01								
15	15/1/67	13:25:00	50.04								
16	15/1/67	13:26:00	50.04								
17	15/1/67	13:27:00	50.04								
18	15/1/67	13:28:00	50.03								
19	15/1/67	13:29:00	50.02								
20	15/1/67	13:30:00	50.05								
21	15/1/67	13:31:00	50.05								
22	15/1/67	13:32:00	50.03								
23	15/1/67	13:33:00	49.97								
24	15/1/67	13:34:00	49.97								
25	15/1/67	13:35:00	50.01								
26	15/1/67	13:36:00	49.97								
27	15/1/67	13:37:00	50.02								
28	15/1/67	13:38:00	50.02								
29	15/1/67	13:39:00	50								
30			50.006								
31											

ภาพประกอบ 32 การบันทึกค่าความถี่ของรกรางไฟฟ้าในวันที่ 15 มกราคม 2567

Date	Time	PF1	PF2	PF3	PF Mean
15/1/67	13:20:00	0.991	0.937	0.989	0.972
15/1/67	13:21:00	0.991	0.937	0.988	0.972
15/1/67	13:22:00	0.99	0.937	0.986	0.971
15/1/67	13:23:00	0.99	0.938	0.984	0.97
15/1/67	13:24:00	0.988	0.956	0.981	0.975
15/1/67	13:25:00	0.986	0.994	0.978	0.986
15/1/67	13:26:00	0.912	0.994	0.967	0.958
15/1/67	13:27:00	0.986	0.993	0.926	0.968
15/1/67	13:28:00	0.986	0.993	0.917	0.965
15/1/67	13:29:00	0.983	0.994	0.97	0.982
15/1/67	13:30:00	0.981	0.993	0.914	0.963
15/1/67	13:31:00	0.982	0.992	0.957	0.977
15/1/67	13:32:00	0.983	0.993	0.912	0.963
15/1/67	13:33:00	0.596	0.994	0.921	0.837
15/1/67	13:34:00	0.905	0.994	0.971	0.957
15/1/67	13:35:00	0.997	0.994	0.906	0.966
15/1/67	13:36:00	0.959	0.994	0.972	0.975
15/1/67	13:37:00	0.97	0.994	0.974	0.979
15/1/67	13:38:00	0.971	0.994	0.903	0.956
15/1/67	13:39:00	0.902	0.994	0.97	0.955

ภาพประกอบ 33 การบันทึกค่า Power Factor ของรรางไฟฟ้าในวันที่ 15 มกราคม 2567

Date	Time	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	V1 THD	V2 THD	V3 THD
15/1/67	13:20:00	231.6	232.8	231	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:21:00	231.5	232.8	231.1	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:22:00	231.5	232.8	231.1	2.1	1.7	1.8
15/1/67	13:23:00	231.4	232.8	231.1	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:24:00	231.6	233	231.3	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:25:00	231.7	233.1	231.4	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:26:00	231.6	233.1	231.5	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:27:00	231.4	232.9	231.2	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:28:00	231.4	232.9	231.1	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:29:00	231.5	232.9	231.2	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:30:00	231.5	233	231.3	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:31:00	231.4	232.9	231.3	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:32:00	231.3	232.7	231	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:33:00	230.7	232.2	230.6	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:34:00	230.7	232.2	230.6	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:35:00	230.8	232.3	230.6	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:36:00	230.7	232.2	230.5	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:37:00	230.8	232.2	230.7	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:38:00	230.9	232	230.7	2.1	1.6	1.8
15/1/67	13:39:00	230.8	232	230.6	2	1.5	1.8
		231.24	232.64	230.995	2.095	1.6	1.8

ภาพประกอบ 34 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ของรรางไฟฟ้า
ในวันที่ 15 มกราคม 2567

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "ข้อมูลการวัดพลังงานที่ส่งไม่ทันพลังงาน 16.xls [โหมดความจำชั่วคราว]". The data is organized as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Model C.A 8334	Serial number	301052										
2	Trend	MONG14											
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended									
4	16/1/2567	14:50:00	16/1/2567	15:51:00									
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire												
7	Date	Time	Frequency										
8			Hz										
10	16/1/2567	13:20:00	49.96										
11	16/1/2567	13:21:00	49.97										
12	16/1/2567	13:22:00	49.97										
13	16/1/2567	13:23:00	49.97										
14	16/1/2567	13:24:00	49.97										
15	16/1/2567	13:25:00	49.96										
16	16/1/2567	13:26:00	50.01										
17	16/1/2567	13:27:00	49.99										
18	16/1/2567	13:28:00	50.02										
19	16/1/2567	13:29:00	49.99										
20	16/1/2567	13:30:00	50.01										
21	16/1/2567	13:31:00	50.01										
22	16/1/2567	13:32:00	49.99										
23	16/1/2567	13:33:00	49.98										
24	16/1/2567	13:34:00	49.98										
25	16/1/2567	13:35:00	49.98										
26	16/1/2567	13:36:00	49.99										
27	16/1/2567	13:37:00	49.96										
28	16/1/2567	13:38:00	49.99										
29	16/1/2567	13:39:00	49.96										
30			49.983										
31													

Summary Row (Row 31):

Trend	Vah Harmonic %	Ah Harmonic %	Ah Harmonic RMS
	16.00%		

ภาพประกอบ 36 การบันทึกค่าความถี่ของของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
ในวันที่ 16 มกราคม 2567

pf ข้อมูลการใช้พลังงานที่ส่งไม่ทันพลังงาน 16.xls [โหมดความจำเกินได้]

หน้าแรก แทรก วาด เครื่องมือการคำนวณ สูตร ข้อมูล วิเคราะห์ มุมมอง

774 Arial 10 A A+ B I U 100%

K26 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Model C.A 8334	Serial number	MONG14	301052										
2	Trend	Time Started	Date Ended	Time Ended										
3	16/1/2567	14:50:00	16/1/2567	15:51:00										
4	Connection Type: 3-Phase 4-Wire													
5														
6														
7	Date	Time	PF1	PF2	PF3	PF Mean								
8														
9														
10	16/1/2567	13:20:00	0.948	0.893	0.942	0.928								
11	16/1/2567	13:21:00	0.95	0.897	0.948	0.932								
12	16/1/2567	13:22:00	0.953	0.915	0.945	0.938								
13	16/1/2567	13:23:00	0.956	0.906	0.942	0.935								
14	16/1/2567	13:24:00	0.947	0.899	0.936	0.927								
15	16/1/2567	13:25:00	0.943	0.904	0.928	0.925								
16	16/1/2567	13:26:00	0.941	0.904	0.93	0.925								
17	16/1/2567	13:27:00	0.939	0.898	0.93	0.922								
18	16/1/2567	13:28:00	0.951	0.889	0.935	0.925								
19	16/1/2567	13:29:00	0.952	0.904	0.932	0.929								
20	16/1/2567	13:30:00	0.954	0.904	0.926	0.928								
21	16/1/2567	13:31:00	0.956	0.897	0.937	0.93								
22	16/1/2567	13:32:00	0.944	0.891	0.932	0.922								
23	16/1/2567	13:33:00	0.946	0.903	0.924	0.924								
24	16/1/2567	13:34:00	0.946	0.902	0.923	0.924								
25	16/1/2567	13:35:00	0.943	0.903	0.92	0.922								
26	16/1/2567	13:36:00	0.947	0.897	0.932	0.925								
27	16/1/2567	13:37:00	0.94	0.905	0.929	0.925								
28	16/1/2567	13:38:00	0.935	0.907	0.924	0.922								
29	16/1/2567	13:39:00	0.941	0.905	0.933	0.926								
30			0.9466	0.90115	0.9324	0.9267								
31														

หรือ Trend Vah Harmonic % Ah Harmonic % Ah Harmonic RMS +

พร้อม การช่วยสำหรับการแก้ไข: ไม่พร้อมใช้งาน

ภาพประกอบ 37 การบันทึกค่า Power Factor ของของอาคาร 19
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567

phd ข้อมูลการใช้พลังงานที่ส่งไม่ทันพลังงาน 16.xls [โหมดความจำเกินได้]

หน้าแรก แทรก วาด เครื่องมือการคำนวณ สูตร ข้อมูล วิเคราะห์ มุมมอง

774 Arial 10 A A+ B I U 100%

L26 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended										
4	16/1/2567	14:50:00	16/1/2567	15:51:00										
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire													
6														
7	Date	Time	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	V1 THD	V2 THD	V3 THD						
8			V	V	V	%	%	%						
9														
10	16/1/2567	13:20:00	234.4	234.8	234.8	2.1	1.8	1.8						
11	16/1/2567	13:21:00	234.5	234.8	234.8	2.2	1.8	1.8						
12	16/1/2567	13:22:00	234.3	234.5	234.7	2.1	1.7	1.8						
13	16/1/2567	13:23:00	234.3	234.8	234.7	2.1	1.7	1.8						
14	16/1/2567	13:24:00	234.4	234.9	234.9	2.2	1.8	1.9						
15	16/1/2567	13:25:00	234.3	234.9	234.9	2.1	1.8	1.9						
16	16/1/2567	13:26:00	234	234.5	234.5	2.2	1.8	1.8						
17	16/1/2567	13:27:00	234.6	235	235	2.1	1.8	1.8						
18	16/1/2567	13:28:00	234.5	235.1	234.9	2.2	1.9	1.9						
19	16/1/2567	13:29:00	234.3	234.9	234.6	2.1	1.8	1.9						
20	16/1/2567	13:30:00	234.1	234.7	234.5	2.1	1.8	1.9						
21	16/1/2567	13:31:00	234.7	235.3	234.9	2.1	1.8	1.9						
22	16/1/2567	13:32:00	234.7	235.2	234.9	2.2	1.9	1.9						
23	16/1/2567	13:33:00	235.2	235.5	235.4	2.2	1.8	1.9						
24	16/1/2567	13:34:00	234.6	235.2	234.9	2.2	1.9	1.9						
25	16/1/2567	13:35:00	234.5	235.1	235	2.2	1.8	1.9						
26	16/1/2567	13:36:00	234.6	235.3	235	2.2	1.9	1.9						
27	16/1/2567	13:37:00	234.1	234.7	234.5	2.2	1.8	1.9						
28	16/1/2567	13:38:00	233.9	234.5	234.4	2.2	1.8	1.8						
29	16/1/2567	13:39:00	234	234.6	234.5	2.2	1.8	1.8						
30			234.4	234.915	234.79	2.16	1.81	1.86						
31														

หรือ Trend Vah Harmonic % Ah Harmonic % Ah Harmonic RMS +

พร้อม การช่วยสำหรับการแก้ไข: ไม่พร้อมใช้งาน

ภาพประกอบ 38 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ของของ
อาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในวันที่ 16 มกราคม 2567

[illegible]

ภาพประกอบ 40 การบันทึกค่าความถี่ไฟฟ้าของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ในขณะที่ตรึงรางไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567

pf การวัดพลังงานขณะเดินงาน 17 มค 67 w cf h.xls [โหมดความเข้ากันได้]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Model C.A 8334	Serial number	301052											
2	Trend													
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended										
4	17/1/67	13:20:00	17/1/67	13:40:00										
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire													
6														
7	Date	Time	PF1	PF2	PF3	PF Mean								
8														
9														
10	17/1/67	13:20:00	0.884	0.816	0.814	0.838								
11	17/1/67	13:21:00	0.876	0.806	0.81	0.831								
12	17/1/67	13:22:00	0.876	0.808	0.797	0.827								
13	17/1/67	13:23:00	0.878	0.801	0.798	0.826								
14	17/1/67	13:24:00	0.87	0.797	0.797	0.821								
15	17/1/67	13:25:00	0.868	0.797	0.797	0.821								
16	17/1/67	13:26:00	0.856	0.798	0.799	0.818								
17	17/1/67	13:27:00	0.859	0.801	0.804	0.821								
18	17/1/67	13:28:00	0.855	0.796	0.799	0.817								
19	17/1/67	13:29:00	0.871	0.8	0.803	0.825								
20	17/1/67	13:30:00	0.874	0.804	0.805	0.828								
21	17/1/67	13:31:00	0.873	0.807	0.822	0.834								
22	17/1/67	13:32:00	0.87	0.804	0.829	0.834								
23	17/1/67	13:33:00	0.873	0.805	0.829	0.836								
24	17/1/67	13:34:00	0.87	0.796	0.826	0.831								
25	17/1/67	13:35:00	0.874	0.801	0.826	0.834								
26	17/1/67	13:36:00	0.858	0.799	0.798	0.818								
27	17/1/67	13:37:00	0.861	0.798	0.803	0.821								
28	17/1/67	13:38:00	0.861	0.798	0.802	0.82								
29	17/1/67	13:39:00	0.876	0.803	0.803	0.827								
30			0.86915	0.80175	0.80805	0.8264								
31														

ภาพประกอบ 41 การบันทึกค่า Power Factor ไฟฟ้าของอาคาร 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567

pf การวัดพลังงานขณะเดินงาน 17 มค 67 w cf h.xls [โหมดความเข้ากันได้]

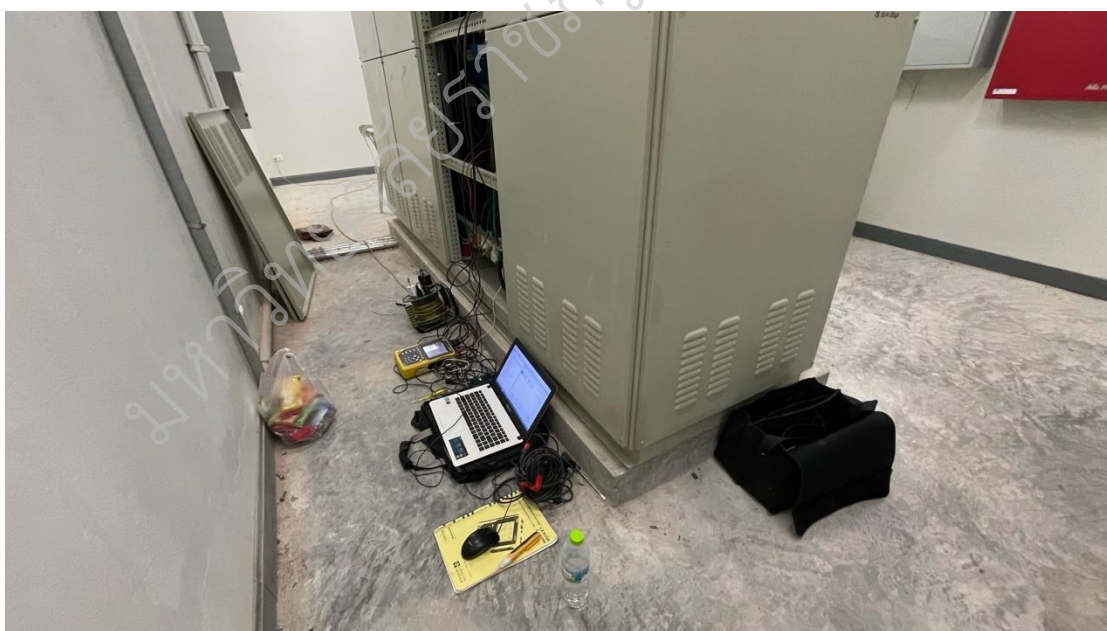
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Model C.A 8334	Serial number	301052												
2	Trend														
3	Date Started	Time Started	Date Ended	Time Ended											
4	17/1/67	13:20:00	17/1/67	13:40:00											
5	Connection Type: 3-Phase 4-Wire														
6															
7	Date	Time	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	V1 THD	V2 THD	V3 THD							
8			V	V	V	%	%	%							
9															
10	17/1/67	13:20:00	228.2	230	228	1.4	1.4	1.3							
11	17/1/67	13:21:00	228.1	230.1	228	1.5	1.4	1.3							
12	17/1/67	13:22:00	228.4	230.4	228.5	1.5	1.5	1.5							
13	17/1/67	13:23:00	228.5	230.5	228.5	1.4	1.5	1.4							
14	17/1/67	13:24:00	228.5	230.5	228.5	1.4	1.4	1.3							
15	17/1/67	13:25:00	228.7	230.5	228.6	1.5	1.4	1.4							
16	17/1/67	13:26:00	228.7	230.5	228.6	1.4	1.4	1.4							
17	17/1/67	13:27:00	228.3	230.2	228.4	1.5	1.4	1.4							
18	17/1/67	13:28:00	228.4	230.3	228.5	1.4	1.2	1.3							
19	17/1/67	13:29:00	228	229.9	228.1	1.2	1.2	1.1							
20	17/1/67	13:30:00	227.6	229.6	227.7	1.2	1.2	1.2							
21	17/1/67	13:31:00	228.1	230	228.1	1.3	1.2	1.1							
22	17/1/67	13:32:00	228.2	230.1	228.1	1.3	1.3	1.1							
23	17/1/67	13:33:00	228.2	230.1	228.2	1.2	1.2	1.2							
24	17/1/67	13:34:00	228.8	230.8	228.7	1.4	1.3	1.2							
25	17/1/67	13:35:00	227.8	229.9	227.8	1.3	1.2	1.1							
26	17/1/67	13:36:00	228.4	230.3	228.4	1.4	1.2	1.1							
27	17/1/67	13:37:00	227.8	229.9	227.9	1.4	1.2	1.1							
28	17/1/67	13:38:00	228.1	230	228.1	1.4	1.2	1.2							
29	17/1/67	13:39:00	228.1	230	228.2	1.3	1.1	1.2							
30			228.245	230.18	228.245	1.37	1.295	1.245							
31															

ภาพประกอบ 42 การบันทึกค่า Total Harmonic Distortion ไฟฟ้าของอาคาร 19

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ในขณะที่ตรึงไฟฟ้าทำการดิสชาร์จ วันที่ 17 มกราคม 2567



ภาพประกอบ 43 ภาพการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไฟฟ้าเพื่อทำการวัด ค่าพลังงานไฟฟ้า
ของรถรางไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร



ภาพประกอบ 44 ภาพการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไฟฟ้าเพื่อทำการวัด ค่าพลังงานไฟฟ้า
ของอาคาร 19 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายมงคล เกตวงษา
วัน เดือน ปีเกิด	25 เมษายน พ.ศ.2520
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	296 หมู่ 12 ตำบลขมิ้น อำเภอมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร
ตำแหน่งปัจจุบัน	พนักงานราชการ (ครู)
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	ปริญญาตรี ทล.บ. สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (แขนงไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
พ.ศ. 2569	ปริญญาโท วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2558	ครูประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร