

ศึกษาผลกระทบสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า

The Study on The Impact of Electric Charging Station



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

THE STUDY ON THE IMPACT OF CHARGING STATION



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR'S DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสถานีชาร์จรถไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

1. นายธนกร ดำงูเหลือม
2. นายพิชณุตม์ เจริญฉิม
3. นายวาริศ รัฐภูมิ



Bmr H.T

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสถานีชาร์จรถไฟฟ้า

นายธนากร ดำงเหลื่อม

นายพิชฌุตม์ เจริญฉิม

นายวาริศ รัษฎภูมิ

ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อรรถพล เก่งพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสถานีชาร์จรถไฟฟ้า โดยทำการศึกษาผลกระทบจากรถไฟฟ้า 2 ชนิด ได้แก่ รถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ที่ทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางไฟฟ้ากันเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า กรณีที่มีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 1 และกรณีที่มีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 2 ซึ่งทำการชาร์จในช่วงเวลาเดียวกัน ใช้จำนวนโวลต์อื่นที่มาต่อในระบบเท่ากัน และนำผลที่ได้จากรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าแต่ละคันมาเปรียบเทียบระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และทำการศึกษาผลกระทบจากรถยนต์ไฟฟ้า โดยการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าที่จุดต่างๆของระบบ เปรียบเทียบกันระหว่างเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละแบบ โดยเป็นการชาร์จแบบธรรมดาด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) แบ่งเป็นเครื่องชาร์จ wall box พิกัดขนาด 7.2 กิโลวัตต์ จำนวน 3 เครื่อง และ เครื่องชาร์จ Portable พิกัดขนาด 3.6 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ทั้งหมดรวมเป็น 5 เครื่อง ซึ่งจะมีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 รุ่น คือ MG ZS EV BMW i3 และ Hyundai IONIQ EV แล้วทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบของเครื่องชาร์จแต่ละแบบที่เกิดจากรถยนต์แต่ละคัน และนำมาคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ว่าคุ้มหรือไม่ สำหรับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากรถยนต์ไฟฟ้ากับราคาของรถยนต์ไฟฟ้า เมื่อเทียบกับราคาของรถเครื่องยนต์สันดาปทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

THE IMPACT OF ELECTRIC CHARGING STATION

Tanakorn Damnguluem

Pichayut Chareonchim

Waris Ratthapoom

Assistant.Prof.Dr. Chaiyan Jettanasen

Associate.Prof.Dr. Atthapol Ngaopitakkul

ABSTRACT

This project presents a study on the impact of the Electric Charging Station. By studying the impact of 2 types of the electric vehicle consists of the study of Electric Motorcycle: To conduct the power quality test in 3 cases 1) No EV Charging 2) Charging EV Bike number 1 3) Charging EV Bike number 2. All the cases are charged at the same period, Use the same amount of loads that are connected to the system. And the results obtained from each electric motorcycle are compared to each case. And the study of the Electric Car: To conduct the power quality test at each circuit and compare each electric car charger with AC Charging, divided into 3 wall box chargers rated 7.2 kilowatts and 2 portable chargers 3.6 kilowatts, totaling 5 units, which will be tested for three electric cars. All three electric cars will be tested consists of MG ZS EV, BMW i3 and Hyundai IONIQ. Then comparing the test results of each charger by each vehicle. Finally, there will be the analytics in economics for electric cars compare with internal combustion engine cars that it is worthy or not.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน และรศ.ดร. อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไข ปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนายสันติพนธ์ อนันต์วัฒนาพร และนายณัฐนนท์ พันธุ์นิล รวมทั้งพี่ๆ ปริญญาโทและปริญญาเอก ที่ให้ความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ทำยนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจอีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการให้ข้อมูลและการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	IX
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎีมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า	9
2.2 ทฤษฎีมาตรฐานออกแบบสถานีการชาร์จรถไฟฟ้า	16
2.3 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 การทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	29
3.1 วิธีการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	29
3.1.1 การออกแบบโมเดลบ้านจำลอง	29
3.1.2 การออกแบบช่วงเวลาการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน	30
3.1.3 ออกแบบวงจรทดสอบ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ผลการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	33
3.2.1 ผลการทดลองในรูปแบบการจำลองโหลดวันธรรมดา	34
3.2.2.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS)	34
3.2.2.2 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power)	36
3.2.2.3 กระแสทีเอชดี (I-THD)	38
3.2.2 ผลการทดลองในรูปแบบการจำลองโหลดวันหยุด	40
3.2.2.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS)	40
3.2.2.2 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power)	43
3.2.2.3 กระแสทีเอชดี (I-THD)	45
3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	47
3.4 สรุปผลที่ได้รับจากการบันทึกผล	51
บทที่ 4 ผลการทดลอง	52
4.1 วิธีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้า	52
4.1.1 ชนิดของตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า	52
4.1.1.1 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ ตู้ที่1	52
4.1.1.2 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ ตู้ที่2	53
4.1.1.3 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ ตู้ที่3	53
4.1.1.4 ตู้ชาร์จแบบพกพา ตู้ที่1	54
4.1.1.5 ตู้ชาร์จแบบพกพา ตู้ที่2	54
4.1.2 ยี่ห้อและรุ่นรถยนต์ไฟฟ้า	55
4.1.2.1 MG ZS EV	55
4.1.2.2 BMW i3	56
4.1.2.3 Hyundai IONIQ Electric	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3	ออกแบบวงจรทดสอบ	58
4.1.3.1	วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ (Wall Box)	58
4.1.3.2	วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบพกพา (Portable)	59
4.2	การบันทึกผลการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า	60
4.2.1	ยานยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV	61
4.2.1.1	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker	61
4.2.1.2	กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker	63
4.2.1.3	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต	66
4.2.1.4	กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต	68
4.2.1.5	แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรตัวรับ	70
4.2.1.6	กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรตัวรับ	72
4.2.1.7	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรตัวรับ	74
4.2.1.8	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker	76
4.2.1.9	กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker	77
4.2.1.10	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุต	79
4.2.1.11	กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต	80
4.2.1.12	แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรตัวรับ	82
4.2.1.13	กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรตัวรับ	83
4.2.1.14	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรตัวรับ	85
4.2.2	รถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s	86
4.2.2.1	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker	86
4.2.2.2	กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker	88
4.2.2.3	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4	กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุต	92
4.2.2.5	แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรถูกตัวรับ	94
4.2.2.6	กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรถูกตัวรับ	96
4.2.2.7	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรถูกตัวรับ	98
4.2.3	รถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ	100
4.2.3.1	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker	100
4.2.3.2	กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker	102
4.2.3.3	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุต	104
4.2.3.4	กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุต	106
4.2.3.5	แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรถูกตัวรับ	108
4.2.3.6	กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรถูกตัวรับ	110
4.2.3.7	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรถูกตัวรับ	112
4.2.3.8	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker	115
4.2.3.9	กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker	116
4.2.3.10	กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรถูกอินพุต	118
4.2.3.11	กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรถูกอินพุต	119
4.2.3.12	แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรถูกตัวรับ	121
4.2.3.13	กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรถูกตัวรับ	122
4.2.3.14	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรถูกตัวรับ	124
4.3	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	125
4.4	สรุปผลที่ได้รับจากการบันทึกผล	128
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 5.1 สรุปผลการทดลอง 129
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ	130
เอกสารอ้างอิง	131
ภาคผนวก	133
ภาคผนวก ก	134
บทความวิชาการ	134
ภาคผนวก ข	140
ข้อมูลทางเทคนิคของยานยนต์	140
ภาคผนวก ค	145
ข้อมูลของเครื่องมือวัด	145
ภาคผนวก ง	155
โปรแกรม math lab code สำหรับเขียนกราฟ	155
ประวัติผู้เขียน	157



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกตั้งแต่ปี 1990-2019 ในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์/ทศวรรษ	1
1.2	การเพิ่มขึ้นของการจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย	2
2.1	ประเภทของรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท	11
2.2	รถยนต์ไฟฟ้า (Battery electric vehicle, BEV) กับรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in hybrid electric vehicle, PEV)	13
2.3	รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่จ่ายประจุไฟฟ้าจากการเสียบปลั๊กที่ใช้ระบบ Powertrain แบบอนุกรม	14
2.4	รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่ชาร์จไฟจากการเสียบปลั๊กที่ใช้ระบบ Powertrain แบบอนุกรมผสมขนาน	15
2.5	โหมดการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดทุกประเภทที่ใช้ระบบ Powertrain แบบขนานและแบบอนุกรมผสมขนาน	16
2.6	มาตรฐานตู้เติมประจุไฟฟ้า ตาม IEC 61851-1 สามารถแบ่งการทำงานได้ 4 แบบ	18
2.7	แบบของโหมดการทำงาน Mode 3, Mode 4 ลักษณะการเติมประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ที่มา: บริษัท Schneider Electric	18
2.8	ตู้เติมประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ากับเต้าเสียบและเต้ารับ	19
2.9	ตู้เติมประจุไฟฟ้า	21
2.10	ไดอะแกรมของระบบการประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบกระแสสลับ	22
2.11	วงจรการทำงานของตู้ประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง	23
2.12	รายละเอียดอุปกรณ์ภายในตู้ประจุไฟฟ้า	24
2.13	มาตรฐานปลั๊ก และเต้าเสียบสำหรับรถไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ	28
3.1	วงจรการทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	32
3.2	ความหมายของเส้นแต่ละเส้นในกราฟเปรียบเทียบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	33
3.3	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันธรรมดา	35
3.4	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟารีแอกทีฟ สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวัน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5	กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โพลดในวันธรรมดา	39
3.6	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โพลดในวันหยุด	41
3.7	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟารีแอกทีฟ สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โพลดในวันหยุด	44
3.8	กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โพลดในวันหยุด	46
4.1	ตู้ชาร์จแบบยี่ดอยู่ที่ 32 A	53
4.2	ตู้ชาร์จแบบพกพา 16 A	54
4.3	ยานยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV	55
4.4	ยานยนต์ไฟฟ้า BMW i3	56
4.5	ยานยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ Electric	57
4.6	วันไลน์ไดอาร์แกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Wall Box	58
4.7	วันไลน์ไดอาร์แกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Portable	59
4.8	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	62
4.9	กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	64
4.10	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของตู้ชาร์จ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	67
4.11	กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของตู้ชาร์จสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	69
4.12	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรเด้าร์บ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	71
4.13	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้างจริง ที่วงจรเด้าร์บ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	73
4.14	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟารีแอกทีฟ ที่วงจรเด้าร์บ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A	75
4.15	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	76
4.16	กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกอินพุต สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	79
4.18	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูกอินพุต สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	81
4.19	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	82
4.20	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	84
4.21	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้านีแอกทีฟ ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A	85
4.22	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	87
4.23	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	89
4.24	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูก ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จสำหรับ การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	91
4.25	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูก ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	93
4.26	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	95
4.27	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	97
4.28	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้านีแอกทีฟ ที่วงจรถูกเข้ารับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A	99
4.29	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	101
4.30	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	103
4.31	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูก ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.32	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูกอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	107
4.33	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	109
4.34	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	111
4.35	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้านี้ออกที่ฟ ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A	113
4.36	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	115
4.37	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูก Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	117
4.38	กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกอินพุต สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	118
4.39	กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรถูกอินพุต สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	120
4.40	กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	121
4.41	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	123
4.42	กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้านี้ออกที่ฟ ที่วงจรถูกได้รับ สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A	124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตารางแสดงแผนการดำเนินงานของโครงการ	7
2.1	AC Charging Power Levels: SAE J1772	27
3.1	ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันจันทร์-ศุกร์	30
3.2	ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันเสาร์-อาทิตย์	31
3.3	ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของจักรยานยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน	48
3.4	ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร	50
4.1	ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน	126
4.2	ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร	126



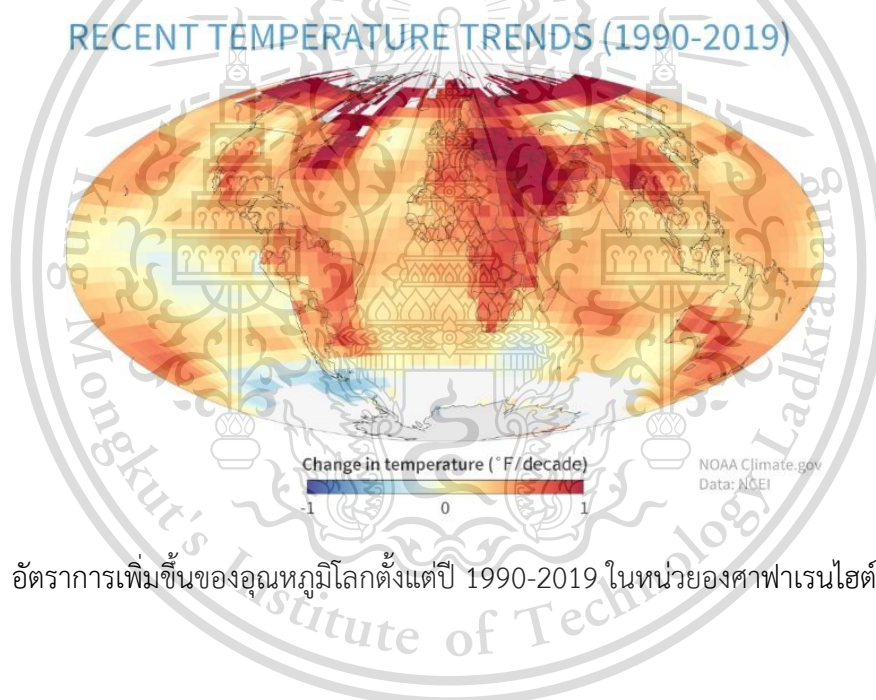
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในช่วงเวลากว่า 70 ปีที่ผ่านมา ประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้น 2 เท่า ใช้น้ำมากกว่าเดิม 5 เท่า และเศรษฐกิจโลกโตขึ้นกว่า 10 เท่า ทำให้มีการดึงเอาทรัพยากรโลกไปใช้มากขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ ในขณะที่เดียวกันก็มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ตามการเติบโตของอุตสาหกรรมในโลก ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยนั้นทำให้โลกมีอุณหภูมิที่ร้อนมากขึ้นดังรูปที่ 1 เพราะมีรูในโอโซนที่ทำให้ความร้อนเข้ามามากขึ้น แต่ไม่สามารถสะท้อนกลับไปได้ วิกฤตนี้เรียกว่า “ภาวะโลกร้อน (Climate Change)”



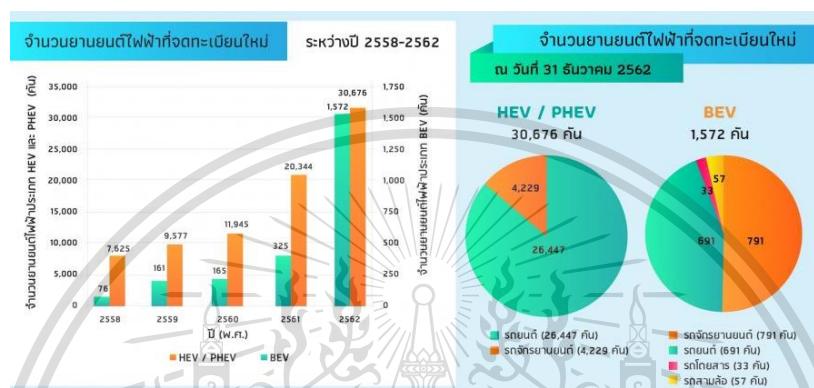
รูปที่ 1.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกตั้งแต่ปี 1990-2019 ในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์/ทศวรรษ

แน่นอนว่าปัญหา ภาวะโลกร้อน (Climate Change) ที่เกิดขึ้นมนุษย์ก็ไม่ได้เพิกเฉย โดยมีการพัฒนา นวัตกรรมและเทคโนโลยีมากมายที่จะบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลทำให้มี การพัฒนาของยานยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีการทำ ความเร็วได้ไม่แพ้ยานยนต์ที่ใช้น้ำมัน, ระยะทางการวิ่งที่สามารถวิ่งได้สูงสุดตั้งแต่ 400-600 กิโลเมตร และ ความเร็วในการชาร์จที่ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ในปัจจุบัน การชาร์จเพียง 30 นาที ก็สามารถวิ่งได้ไกลถึง เอกส 200-300 กิโลเมตร ไม่แปลกเลยที่การพัฒนาของยานยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ในปัจจุบันส่งผล ให้อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าไม่แพ้กันอีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ให้มีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้นอย่างมากดังรูปที่ 2 ทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องพร้อมรับกับการเพิ่มขึ้นนี้ไม่ว่าจะเป็นการสร้างสถานีชาร์จเพิ่มขึ้น การสำรองไฟฟ้าสำหรับตู้ชาร์จ เป็นต้น



รูปที่ 1.2 การเพิ่มขึ้นของการจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

จากผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาและการเพิ่มขึ้นของการใช้ยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ที่กล่าวมา ส่งผลให้รัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหามลภาวะทางอากาศ และภาวะโลกร้อน จึงส่งเสริมให้ประชาชนเปลี่ยนการใช้รถยนต์จาก ยานยนต์พลังงานสันดาปภายในมาเป็นยานยนต์พลังงานไฟฟ้าโดยประเทศไทยมีการส่งเสริมการลงทุนในรถยนต์ไฟฟ้าให้แก่ผู้ผลิต ทั้งการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ยกเว้นอากรการนำเข้าพวกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ โดยผู้ผลิตต้องยื่นเข้ารับการส่งเสริมแก่ BOI และยังมีมาตรการในการลดภาษีสรรพสามิต และทำให้ผู้บริโภคหาซื้อรถยนต์ไฟฟ้าได้ในราคาที่ถูกลง โดยภาครัฐมีเป้าหมายในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าแบบไฮบริดปลั๊กอิน และรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่รวมทั้งสิ้น 1.2 ล้านคันในปี พ.ศ. 2579 จึงส่งผลให้เกิดการใช้รถไฟฟ้าต่อครัวเรือนมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องจากยานยนต์พลังงานไฟฟ้า นั่นถือว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานเยอะ ทำให้การไฟฟ้าต้องจ่ายมาให้บ้านเราเยอะขึ้น (กรณีชาร์จยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ภายในที่อยู่อาศัย) ขนาดของสายไฟในปัจจุบันก็ต้องใหญ่ขึ้น หม้อแปลง อุปกรณ์ตัดไฟ เต้าเสียบต่างๆก็ต้องใหญ่ขึ้นตาม ดังนั้นถ้าคนส่วนมากหันมาใช้ ยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ราคาของโครงสร้าง (Infrastructure Cost) จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.ศึกษาพฤติกรรมคุณภาพไฟฟ้าของโหลดภายในบ้าน เมื่อมีและไม่มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้า
2. ศึกษาพฤติกรรมคุณภาพไฟฟ้าของโหลดภายในบ้าน เมื่อมียานยนต์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่ด้วย
- 3.ศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่าง ยานยนต์พลังงานไฟฟ้ากับยานยนต์พลังงานสันดาป เพื่อให้ผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าตามที่อยู่อาศัยนั้นทราบถึงความคุ้มค่าในการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากยานยนต์พลังงานไฟฟ้า มีการศึกษาจากทั้งยานยนต์พลังงานไฟฟ้าที่เป็นมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า โดยแบ่งเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า กรณีที่มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 1 และ กรณีที่มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 2 และการศึกษาผลกระทบจากการชาร์จรถยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยเป็นการชาร์จแบบธรรมดาด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) แบ่งเป็นเครื่องชาร์จ wall box พิกัดขนาด 7.2 กิโลวัตต์ จำนวน 3 เครื่อง และ เครื่องชาร์จ Portable พิกัดขนาด 3.6 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ทั้งหมดรวมเป็น 5 เครื่อง ซึ่งจะมีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 รุ่น คือ MG ZS EV, BMW i3 และ Hyundai IONIQ EV

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ออกแบบแบบจำลองที่อยู่อาศัยเพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบ เมื่อมีมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่
2. ออกแบบพฤติกรรมการใช้โหลดของผู้อาศัย (วันธรรมดา, วันเสาร์-อาทิตย์)
3. ออกแบบวงจรทดสอบคุณภาพไฟฟ้า เมื่อมีมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่
4. บันทึกค่าทางคุณภาพทางไฟฟ้าต่างๆของที่อยู่อาศัย เมื่อมีมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่
5. ออกแบบวงจรทดสอบคุณภาพไฟฟ้า เมื่อมียานยนต์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่
6. บันทึกค่าทางคุณภาพทางไฟฟ้าต่างๆของที่อยู่อาศัย เมื่อมียานยนต์พลังงานไฟฟ้าชาร์จอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

8. คำนวณทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนระหว่าง ยานยนต์พลังงานไฟฟ้ากับยานยนต์พลังงานสันดาป
9. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการปรับปรุงข้อบกพร่อง และสรุปผลการทดลอง

1.5 แผนการดำเนินงาน

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าโดยมีระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 2 เทอม ซึ่งสามารถแบ่งเวลาการดำเนินงานได้ดังนี้

เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2563

1. สืบค้นปัญหาที่มีความน่าสนใจในการที่ควรได้รับการแก้ไขเกิดขึ้น
2. ปรึกษากับอาจารย์เพื่อกำหนดหัวข้อในการทำโครงการ

เดือนสิงหาคม พ.ศ.2563

1. กำหนดขอบเขตการศึกษา กับอาจารย์ที่ปรึกษา
2. ศึกษาวิธีการวัดจากเครื่องมือวัดคุณภาพทางไฟฟ้าชนิดต่างๆ
3. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการอ่านผลการทดสอบ

เดือนกันยายน พ.ศ.2563

1. ออกแบบแบบจำลองที่อยู่อาศัยเพื่อใช้ในศึกษาผลกระทบ
2. ออกแบบพฤติกรรมการใช้โหลดของผู้อาศัย (วันธรรมดา, วันเสาร์-อาทิตย์)

เดือนตุลาคม พ.ศ.2563

1. สร้างแบบจำลองที่อยู่อาศัย
2. ทดสอบการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าของแบบจำลองเมื่อไม่มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้า

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563

1. ทดสอบการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เดือนธันวาคม พ.ศ.2563

1. ศึกษาการชาร์จรถยนต์พลังงานไฟฟ้าวิธีต่างๆ
2. ศึกษาข้อดีและข้อเสียของรถยนต์ไฟฟ้าที่สนใจมาทำการทดสอบ

เดือนมกราคม พ.ศ.2564

1. สั่งซื้อเครื่องชาร์จแบบต่างๆผ่านทาง www.tmall.com
2. ปรับปรุงหัวจ่ายกระแสไฟฟ้าของเครื่องชาร์จให้ตรงกับชนิดของเต้ารับของรถยนต์ไฟฟ้าที่สนใจ

เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2564

1. เช้ารถยนต์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดสอบการชาร์จ
2. ทดสอบการชาร์จรถยนต์พลังงานไฟฟ้า

เดือนมีนาคม พ.ศ.2564

1. วิเคราะห์ผลที่ออกมาและแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
2. นำผลที่ได้ไปปรึกษากับอาจารย์ เพื่อกำหนดขอบเขตที่จำหน่ายเสนอ

เดือนเมษายน พ.ศ.2564

1. สืบค้นเอกสารงานวิจัยต่างๆเพิ่มเติม
2. ค้นคว้าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุน

เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2564

1. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
2. จัดทำปฏิญานินพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กำหนดการดำเนินการ	ระยะเวลา											
	ก.ค. 63	ส.ค. 63	ก.ย. 63	ต.ค. 63	พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64	
1.กำหนดหัวข้อในการทำ โครงการ	←→											
2. ศึกษาวิธีการวัดจาก เครื่องมือวัดคุณภาพทาง ไฟฟ้าชนิดต่างๆ		←→										
3.ออกแบบแบบจำลองที่อยู่ อาศัยและพฤติกรรมการใช้ โหลด			←→									
4.สร้างแบบจำลองที่อยู่ อาศัย			←→									
5. ทดสอบการวัดคุณภาพทาง ไฟฟ้าของแบบจำลองเมื่อไม่ มีการชาร์จมอเตอร์ไซค์ พลังงานไฟฟ้า				←→								
6.ทดสอบการชาร์จรถ มอเตอร์ไซค์พลังงานไฟฟ้า					←→							

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการทำโครงการวิจัยนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จะสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ประโยชน์ด้านการพัฒนาเทคโนโลยี ประโยชน์ด้านการสนับสนุนให้ผู้มีการเข้าถึงยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างคุ้มค่า และ ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดมลพิษจากรถพลังงานเชื้อเพลิง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีและการออกแบบที่อยู่อาศัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลระหว่างยานยนต์ไฟฟ้ากับสถานีชาร์จ(ภายในที่อยู่อาศัย) ดังนั้นผลลัพธ์ของการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการพัฒนาสถานีชาร์จเพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

2. สามารถนำผลจากการวิจัยนี้ไปต่อยอด โดยการออกแบบที่อยู่อาศัยให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัย เพื่อลดการเกิดผลกระทบอันเนื่องเกิดมาจากยานยนต์ไฟฟ้า

ประโยชน์ด้านการสนับสนุนให้ผู้มีการเข้าถึงรถพลังงานไฟฟ้าได้อย่างคุ้มค่า

1. จากประโยชน์ทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยี ทำให้เกิดการแข่งขันของตลาดยานยนต์ไฟฟ้าทำผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ง่าย และยังสามารถเกิดการแพร่หลายในการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

2. ทำให้ผู้จะใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าทราบผลกระทบที่อาจเกิดยานยนต์ไฟฟ้าและความคุ้มค่าในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับยานยนต์สันดาป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับทางด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดมลพิษจากรถพลังงานเชื้อเพลิง

1. จากประโยชน์ทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยี จะส่งผลทำให้เกิดนวัตกรรมเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้าที่มีคุณภาพและมีราคาถูก ดังนั้นส่งผลให้เข้าถึงยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างแพร่หลายทำให้เกิดผลที่ดีต่อสภาพแวดล้อมลดมลพิษที่เกิดจากยานยนต์สันดาป ซึ่งในระยะยาวส่งผลให้โลกมีสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบของยานยนต์ไฟฟ้าต่อระบบ
จำหน่ายครัวเรือนครอบคลุมถึง

1. ทฤษฎีมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า
2. ทฤษฎีมาตรฐานออกแบบสถานีการชาร์จรถไฟฟ้า
3. ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันหลายประเทศกำลังตื่นตัวต่อเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอย่างมากโดยได้มีการวาง แนวทางนโยบายในการพัฒนาเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเช่นการลงทุน ก่อสร้าง และติดตั้งสถานีเติมประจุไฟฟ้าการสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าการส่งเสริมการลงทุนการวิจัย และพัฒนาทำให้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าได้รับความนิยมซึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเชิงโครงสร้าง ความต้องการและโครงสร้างการผลิตจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน ไปเป็นยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้นและส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของประเทศไทย รวมทั้งการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานเพื่อรองรับเทคโนโลยี การผลิตรถยนต์ไฟฟ้า การกำหนดแนวทางและนโยบายในการส่งเสริมด้านการตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า ภายในประเทศ และส่งเสริมให้ผู้ใช้กันอย่างแพร่หลาย ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวของจำนวนยานยนต์ไฟฟ้า คือ ระยะเวลาในการขับเคลื่อนความสะดวกในการ ประจุแบตเตอรี่ ปัจจัยด้านราคาของรถยนต์ไฟฟ้า ระยะเวลาในการขับเคลื่อนขึ้นขึ้นอยู่กับความจุพลังงานของแบตเตอรี่ ส่วนความสะดวกในการประจุแบตเตอรี่ ก็กับการสถานีที่ติดตั้งระบบประจุไฟฟ้าภายใน บ้านเรือนรวมถึงการสร้างสถานีประจุไฟฟ้าให้ครอบคลุมทั่วถึง

ทฤษฎีมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้

ISO 6469-1 มาตรฐานการอัดประจุเข้าที่เก็บพลังงานในรถยนต์ไฟฟ้า (on-board rechargeable energy storage systems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ISO 6469-2 Vehicle operational safety means and protection against failures

ISO 6469-3 มาตรฐานการป้องกัน บุคคลจากไฟฟ้าดูด (Electrically propelled road vehicles - Safety specifications - Part 3: Protection of persons against electric shock) ISO 6469-4 Post crash electrical safety ISO 11955 Guidelines for charge balance measurement

ยานยนต์ไฟฟ้า คือ ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเก็บอยู่ใน แบตเตอรี่ หรือ อุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าแบบอื่น ๆ และด้วยข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ให้แรงบิดได้ทันทีทำให้รถพลังงานไฟฟ้ามีอัตราเร่งที่เรียบและรวดเร็วรถยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ 4 ประเภทดังนี้

1. รถยนต์ไฟฟ้าแบบไฮบริด (Hybrid electric vehicle, HEV) ประกอบด้วยเครื่องยนต์ลูกสูบ เป็นต้นกำลัง ในการขับเคลื่อนหลัก ซึ่งใช้เชื้อเพลิงที่บรรจุในรถยนต์ และทำงานร่วมกับมอเตอร์ ไฟฟ้าเพื่อเพิ่มกำลังของรถยนต์ให้เคลื่อนที่ซึ่งทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นรวมทั้งยังสามารถพลังงานกลที่เหลือ หรือไม่ใช่ประโยชน์ เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเก็บในแบตเตอรี่เพื่อ จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าต่อไป จึงมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่า รถยนต์ปกติกำลังที่ผลิตจาก เครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้อัตราเร่งของรถยนต์สูงกว่ารถยนต์ที่มีเครื่องยนต์ ลูกสูบ ขนาดเดียวกันในการทำงานไม่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยการเต้าเสียบ-เต้ารับได้ พลังงานขณะรถเบรกจะถูกนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าเก็บไว้ช่วยในการขับเคลื่อนรถยนต์ ประหยัดพลังงานได้10-50%

2.รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in hybrid electric vehicle, PHEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ พัฒนาต่อมา จากรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด โดยสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอกทำให้รถยนต์สามารถใช้ พลังงานพร้อมกันจาก 2 แหล่ง จึงสามารถวิ่ง ในระยะทาง และความเร็วที่เพิ่มขึ้นด้วยพลังงานจากไฟฟ้าโดยตรง รถยนต์ไฟฟ้าแบบ PHEV มีการออกแบบอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ แบบ Extended range EV (EREV) และแบบ Blended PHEV โดยแบบ EREV จะเน้นการ ทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักก่อน แต่แบบ Blended PHEV มีการทำงานผสมผสาน ระหว่างเครื่องยนต์และไฟฟ้า ดังนั้นรถยนต์ไฟฟ้าแบบ EREV สามารถวิ่งด้วยพลัง งานไฟฟ้า อย่างเดียวมากกว่าแบบ Blended PHEV และสามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้ โดยการ เต้าเสียบ-เต้ารับเข้ากับ ตู้เติมประจุไฟฟ้า และขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว เป็น ระยะทางมากขึ้น 20-80 กม. ทำให้ลดค่าใช้จ่าย ในการซ่อมบำรุง และลดการใช้ น้ำมันลงถึง 70%

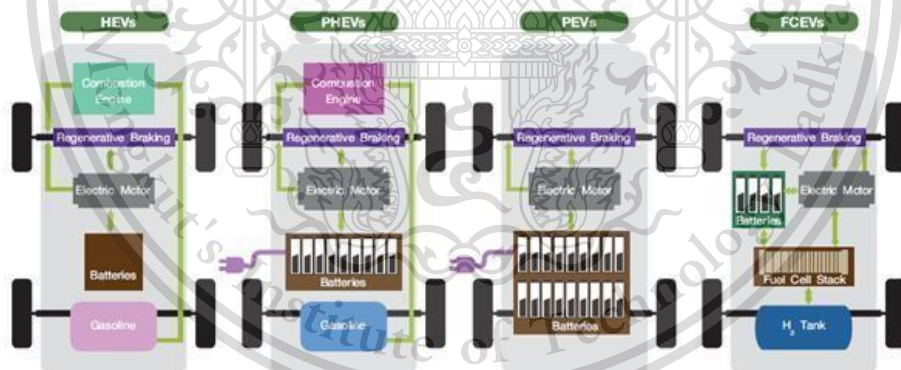
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. รถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery electric vehicle, BEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเฉพาะมอเตอร์ ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้รถยนต์เคลื่อนที่ และใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้นไม่มี เครื่องยนต์อื่นในรถยนต์ ดังนั้น ระยะทางการวิ่ง ของรถยนต์ จึงขึ้นอยู่กับการออกแบบขนาดและชนิดของแบตเตอรี่รวมทั้งน้ำหนักบรรทุกสามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยเต็มาเสีย-แต่รับเข้ากับตู้ประจุไฟฟ้าซึ่งรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นแรกจะมีระยะขับเคลื่อนอยู่ที่ 100-150กม. เพื่อรักษาระดับราคาไม่ให้สูงในระยะยาวแบตเตอรี่ และจะถูกปรับปรุงให้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะมีรถยนต์ไฟฟ้าที่มีระยะขับเคลื่อนถึง300กม.ต่อการเติม ประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง

4. รถยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell electric vehicle, FCEV) เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงจากไฮโดรเจน ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าความจุพลังงานจำเพาะที่สูงกว่าแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน รถยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็น เทคโนโลยีที่บริษัทรถยนต์เชื่อว่า เป็นคำตอบที่แท้จริงของพลังงานสะอาดในอนาคต อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการผลิตไฮโดรเจนและโครงสร้างพื้นฐาน



รูปที่ 2.1 ประเภทของรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 4 ประเภท

จากรถยนต์พลังงานไฟฟ้า 4 ประเภทดังกล่าวจะมีรถยนต์พลังงานไฟฟ้ามีอยู่ 2 แบบที่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้โดยเต็มาเสีย-แต่รับเข้ากับตู้ประจุไฟฟ้าซึ่งทั้ง 2 แบบ คือ รถยนต์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ (Battery electric vehicle, BEV) กับ รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in hybrid electric vehicle, PEV) เพื่อเปรียบเทียบความ

แตกต่างของรถยนต์ทั้งสองแบบดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลักการการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery electric vehicle, BEV) ที่รองรับเฉพาะตู้ชาร์จ ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง จะมีอุปกรณ์หลักภายในและการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ - Vehicle connector หรือ Socket เป็นตัวเชื่อมต่อเพื่อรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มาจากตู้เติมประจุไฟฟ้า รวมถึงระบบควบคุม ระบบสื่อสาร และระบบกราวด์กับตู้เติมประจุไฟฟ้า ขณะทำการเติมประจุไฟฟ้าแยกเป็นสำหรับตู้ประจุไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับ ตู้ประจุไฟฟ้ากระแสตรงหรือสำหรับชนิดพิเศษโดยใช้ได้ทั้ง กระแสสลับและกระแสตรงในตัวเดียวกัน -AC on-board charger เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับก่อนเข้าแบตเตอรี่(ในกรณีแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นประเภทกระแสสลับ)

-แบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงานเพื่อส่งพลังงานให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถยนต์ไฟฟ้าโดยจ่ายไฟออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

-Inverterแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถยนต์ไฟฟ้าแยกเป็นชุดสำหรับชุดต้นกำลัง(มอเตอร์)สำหรับระบบปรับอากาศและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับระบบปรับอากาศและสำหรับระบบควบคุมในรถยนต์ -มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้รถยนต์ไฟฟ้าเคลื่อนที่เป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟสกระแสสลับ DC Contactor ในรถยนต์ไฟฟ้าทำหน้าที่ตัดต่อกำลังไฟฟ้า

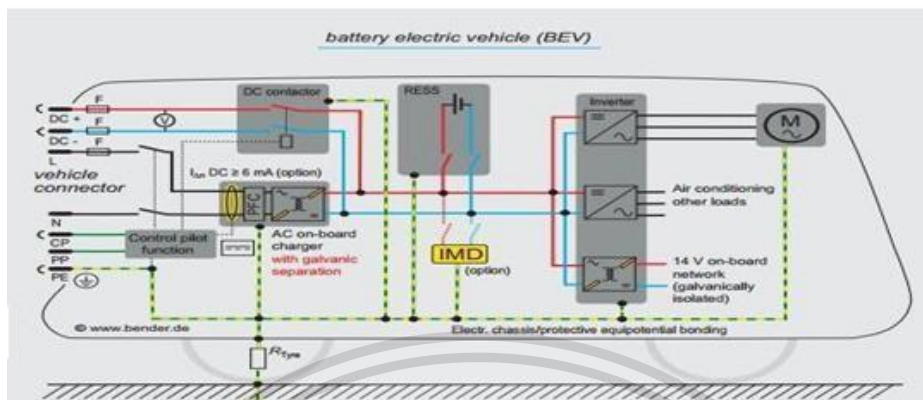
รถยนต์ไฟฟ้าประเภทนี้รองรับการประจุไฟฟ้าได้ทั้งกระแสสลับและกระแสตรงกรณีพิจารณาการประจุแบบไฟฟ้ากระแสสลับรถยนต์ไฟฟ้าจะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายด้านนอกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ผ่าน Vehicle connector และ AC on-board charger ซึ่งอยู่ในตัวรถยนต์ไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นกระแสตรงเข้าแบตเตอรี่ ส่วนกรณีพิจารณาการประจุแบบไฟฟ้ากระแสตรง รถยนต์ไฟฟ้ารับไฟจาก แหล่งจ่ายด้านนอกเป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน Vehicle connector (DC) ผ่าน DC Contactor ซึ่งรับคำสั่งจากตู้ ประจุไฟฟ้ากระแสตรงที่อยู่ภายนอกเข้าแบตเตอรี่ผ่าน CP (Control Pilot Function) ซึ่งสั่งให้ DC Contactor ทำงานและไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลเข้าแบตเตอรี่เมื่อ DC Contactor ทำงานจบขั้นตอนการประจุไฟฟ้า แบตเตอรี่เป็นแหล่งเก็บพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า เมื่อรถเริ่มขับเคลื่อนจะจ่ายไฟออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน Inverter และแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานให้ Inverter อีกชุดที่เป็นสำหรับระบบปรับอากาศและอุปกรณ์อื่นๆและในขณะเดียวกัน Inverter จะแปลงไฟเข้าระบบควบคุมในรถยนต์เป็นชุด ควบคุมการทำงานให้รถทำงานไปตามขั้นตอนของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

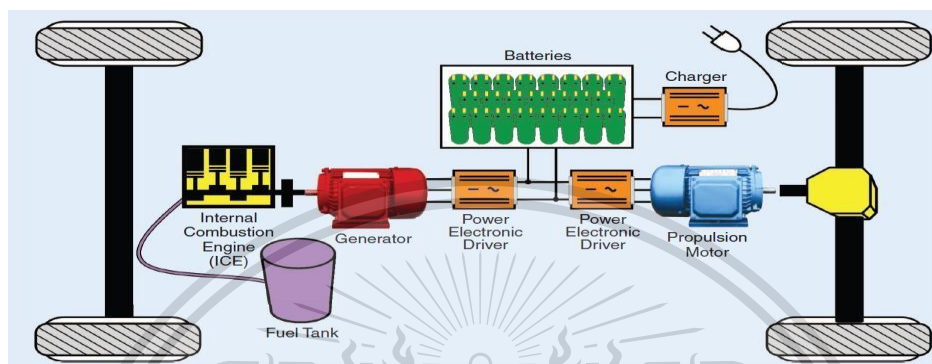
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 รถยนต์ไฟฟ้า (Battery electric vehicle, BEV) กับรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in hybrid electric vehicle, PEV)

หลักการทำงานรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in hybrid electric vehicle, PHEV) รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่ประจุไฟฟ้าจากการเสียบปลั๊ก (PHEV) มีระบบการเก็บรักษาพลังงานที่มีขนาดใหญ่กว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEV) และระบบการเก็บรักษาพลังงานนี้สามารถถูกประจุไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานภายนอกทำให้รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่ประจุไฟฟ้าจากการเสียบปลั๊กสามารถทำงานโดยใช้พลังงานจากพลังงานไฟฟ้า อย่างเดียวได้นานกว่าและบริโภคน้ำมัน เชื้อเพลิงน้อยกว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริด แหล่งพลังงานภายนอกนี้หมายถึงพลังงานจากการไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วแบตเตอรี่ของ PHEV จะถูกชาร์จในเวลาว่างกลางคืนให้ช่วย ลดภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในช่วงเวลาที่การไฟฟ้าจำเป็นต้องจ่ายไฟให้กับโหลดสูงสุดระบบ Powertrain ของ PHEV มีทั้งระบบอนุกรม, ระบบขนานและระบบอนุกรมผสมกับ ขนานเช่นเดียวกับกับระบบ Powertrain ของ HEV ที่ได้บรรยายในหัวข้อที่แล้วจากรูปแสดงรายละเอียดของโครงสร้างของระบบ Powertrain แบบอนุกรมและแบบอนุกรมผสมขนานที่ใช้ใน PHEV ตามลำดับโครงสร้างของระบบ Powertrain สำหรับ PHEV แตกต่างจาก HEV ตรงที่ระบบของ PHEV มีอุปกรณ์จ่ายประจุ (Charger) ที่ต่อระหว่างแบตเตอรี่และปลั๊กเสียบ อุปกรณ์จ่ายประจุนี้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบสองทิศทาง (สามารถแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและแปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับได้) และอุปกรณ์ควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ (Regulator) ใน ระหว่างการจ่ายประจุแบตเตอรี่อุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้จะต้องมีค่าตัว ประกอบกำลังสูง ๆ และค่าความเหนี่ยวนำความถี่ต่ำ ประโยชน์ของการใช้อุปกรณ์

แปลงไฟฟ้าแบบสองทิศทางคือการที่ทำให้รถยนต์สามารถจ่ายไฟฟ้ากลับไปสู่ระบบของการไฟฟ้า (Vehicle-to-Grid: V2G), ระบบไฟฟ้าของตึก (Vehicle-to-Building: V2B), ระบบไฟฟ้าภายในบ้าน (Vehicle-to-Home: V2H)



รูปที่ 2.3 รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่จ่ายประจุไฟฟ้าจากการเสียบปลั๊กที่ใช้ระบบ Powertrain แบบอนุกรม

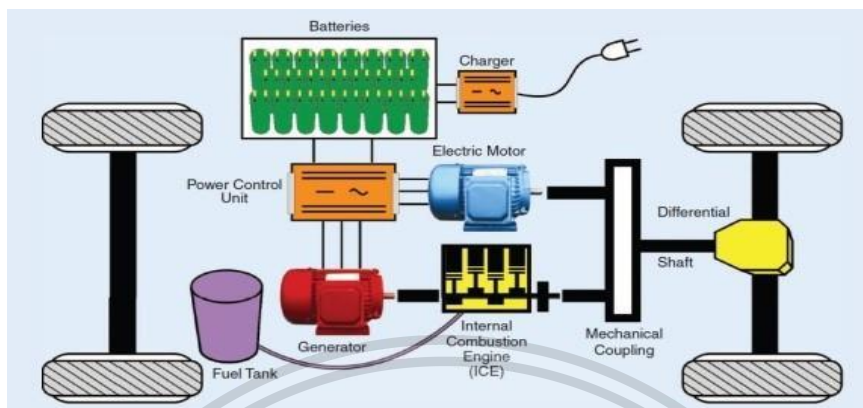
วิธีการทำงานพื้นฐานของ PHEV ประกอบไปด้วยโหมดการหมดสิ้นลงของประจุไฟฟ้า (Charge-Depleting Mode: CD) และโหมดการรักษาระจุไฟฟ้า (Charge-Sustaining Mode: CS) โดยปกติเมื่อ PHEV ทำงานอยู่ในโหมดการหมดสิ้นลงของประจุไฟฟ้านั้นเครื่องยนต์ประเภทสันดาปภายในจะไม่ทำงานแต่ แบตเตอรี่เท่านั้นที่เป็นตัวจ่ายพลังงานให้กับระบบขับเคลื่อนดังนั้นสถานะของประจุไฟฟ้า (State of Charge: SOC) ของแบตเตอรี่จะลดลงเมื่อรถยนต์ทำงานในโหมดนี้การทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เพียงอย่างเดียวจะยังคงดำเนินต่อเนื่องไปจนกระทั่งสถานะของประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลดลง จนถึงระดับที่ได้ตั้งไว้

เมื่อถึงจุดนี้เครื่องยนต์ประเภทสันดาปภายในจะถูกทำให้เริ่มต้นทำงานและรถยนต์จะทำงานอยู่ในโหมดผสมซึ่งหมายถึงว่ารถยนต์จะใช้พลังงานจากทั้งแบตเตอรี่และเครื่องยนต์ประเภทสันดาปภายในโหมดผสมนี้ถูกเรียกว่าโหมดการรักษาระจุไฟฟ้านั้น PHEV จึงถูกจัดให้เป็นรถยนต์ที่บริโภคน้ำมันเชิงคู่ (Dual-Fuel Vehicle) เช่นเดียวกับที่ได้อธิบายในหัวข้อของ HEV ระบบของ PHEV สามารถถูกประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ความร้อนประเภทอื่น ๆ ซึ่งรวมถึงเครื่องยนต์ดีเซล, เครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ, เครื่องยนต์ เชื้อเพลิงชีวภาพ และเครื่องยนต์

ไฮโดรเจน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



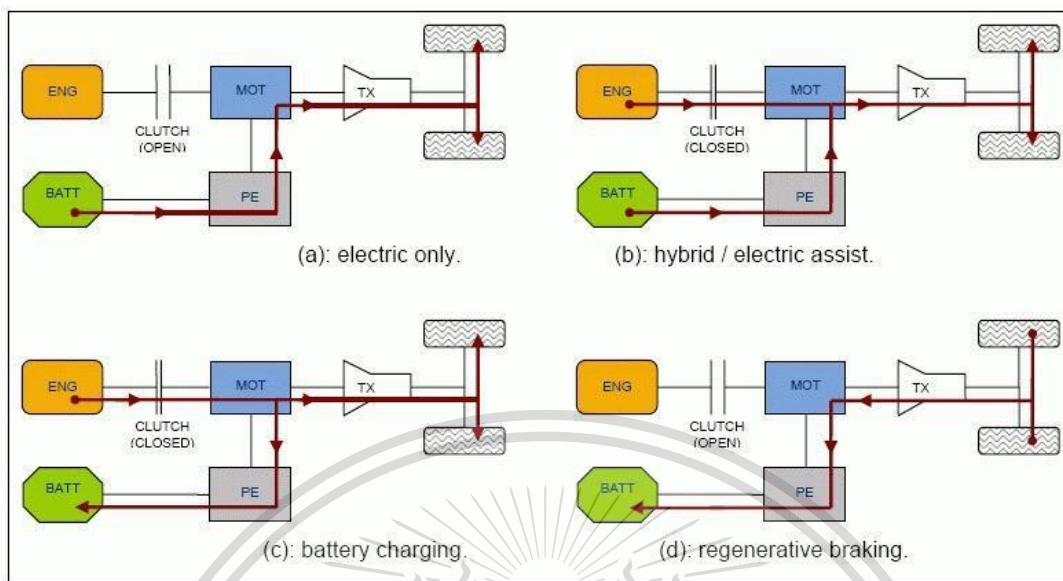
รูปที่ 2.4 รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดที่ชาร์จไฟจากการเสียบปลั๊กที่ใช้ระบบ Powertrain แบบอนุกรมผสมขนาน

วิธีการทำงานโดยทั่วไปของรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดทุกประเภทที่ใช้ระบบ Powertrain แบบขนานและ แบบอนุกรมผสมขนาน โหมดการทำงานมีทั้งหมดสี่โหมด คือ (a) โหมดที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว , (b) โหมดผสมที่ใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเครื่องยนต์, (c) โหมดการชาร์จแบตเตอรี่และ (d) โหมดการสร้างพลังงานไฟฟ้าระหว่างการเบรก เมื่อการทำงานอยู่ในโหมดที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวคลัตช์(Clutch) ที่อยู่ระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกเปิดออกทำให้เครื่องยนต์ถูกแยกตัวออก ระบบ Powertrain และพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่จะถูกส่งผ่านไปยังอุปกรณ์เพาเวอร์ อิเล็กทรอนิกส์ที่จะแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อที่จะจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับนี้ให้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า จากนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าจะส่งพลังงานให้กับระบบส่งผ่านกำลังของรถยนต์และทำการ ขับเคลื่อนล้อรถในที่สุด เมื่อการทำงานอยู่ในโหมดผสมที่ใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเครื่องยนต์คลัตช์ที่อยู่ระหว่างเครื่องยนต์ และมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกปิดทำให้พลังงานทั้งสองชนิดถูกส่งให้กับระบบส่งผ่านกำลังของรถยนต์และทำการขับ เคลื่อนล้อรถในที่สุด เมื่อการทำงานอยู่ในโหมดการชาร์จแบตเตอรี่ คลัตช์ที่อยู่ระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกปิดแต่แบตเตอรี่จะไม่จ่ายไฟให้กับระบบพลังงานจากเครื่องยนต์จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนพลังงานส่วนแรกจะถูกส่งให้กับระบบส่งผ่านกำลังของรถยนต์เพื่อทำการขับเคลื่อนล้อรถในขณะที่พลังงานส่วนที่สองจะถูกส่งไปชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อการทำงานอยู่ในโหมด การสร้างพลังงานไฟฟ้าระหว่างการเบรกคลัตช์ที่อยู่ระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกเปิดออกทำให้เครื่องยนต์ถูกแยกตัวออกระบบจากนั้นพลังงานจลน์ที่ล้อรถในระหว่างการเบรกจะถูกแปลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 โหมดการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดทุกประเภทที่ใช้ระบบ Powertrain แบบขนาน และ แบบอนุกรมผสมขนาน

2.2 ทฤษฎีมาตรฐานออกแบบสถานการชาร์จรถไฟฟ้า

มาตรฐานออกแบบสถานการชาร์จรถไฟฟ้า แบบใช้เต้าเสียบ มีรายละเอียดดังนี้

IEC61140 คือ มาตรฐานเพื่อป้องกันจากไฟฟ้าดูดจากการสัมผัสโดยตรงและโดยทางอ้อม (Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment)

IEC62040 คือ มาตรฐานเพื่อป้องกัน การไม่ต่อเนื่องของระบบไฟฟ้า

IEC60529 คือ มาตรฐานการชี้วัดที่แสดงถึงความสามารถการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้าไปในอุปกรณ์ IP (Index of Protection) โดยรหัสเลขตัวแรกจะบอกความสามารถในการป้องกันอันตรายจากของแข็ง รหัสเลขตัวที่สองจะบอกความสามารถในการป้องกันอันตรายจากของเหลวความหมายของตัวเลข

IEC 60364-7-722 คือ มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าแรงต่ำข้อกำหนดการติดตั้งสถานที่ติดตั้งตัวแทนจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้า (Low-voltage electrical installations-Part 7-722 : Requirements for special installations or locations - Supplies for electric vehicles)

ISO6469-3 คือ มาตรฐานการป้องกันบุคคลจากไฟฟ้าดูด (Electrically propelled road vehicles- Safety specifications - Part 3: Protection of persons against electric shock)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ISO 17409 คือ มาตรฐานสายตัวนำที่เชื่อมต่อไปยังตู้ชาร์จไฟ (Electrically propelled road vehicles - Connection to an external electric power supply -- Safety requirements)

IEC62262 คือ มาตรฐานการซีวิต ที่แสดงถึงความสามารถการป้องกันสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าจาก อันตรายภายนอกทางกลที่กระทำต่ออุปกรณ์ (Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK Code))

IEC 61851-1 คือ มาตรฐานข้อกำหนดทั่วไปของตู้เติมประจุไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งตามการทำงาน ออกเป็น 4แบบดังนี้

แบบ 1 คือ การประจุไฟฟ้ากระแสสลับแบบเติมเข้าเป็นการต่อโดยตรงใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปที่มี ระบบไฟฟ้าเป็นแบบ 1 เฟส , ระดับแรงดันไฟฟ้า 250 V ac หรือ ระบบไฟฟ้าเป็นแบบ 3 เฟส, ระดับ แรงดันไฟฟ้า 480 V ac รวมระบบกราวด์ และที่ระดับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 16 A การเติมประจุไฟฟ้าแบบนี้ สามารถเติมได้เต็มความจุของแบตเตอรี่ 100% ที่กำลัง ไฟฟ้า 3 kW ใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าประมาณ

7 - 8 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah), พิกัดความสามารถของ On-Board Charger (KW) และ C RATE (CC mode charging current) ที่มีอยู่ในรถไฟฟ้า

แบบ 2 คือ การประจุไฟฟ้ากระแสสลับ แบบเติมเข้า เป็นการต่อโดยตรงใช้ตามบ้านเรือนทั่วไปที่มีระบบไฟฟ้าเป็นแบบ1เฟส,ระดับแรงดันไฟฟ้า 250Vac หรือระบบไฟฟ้าเป็นแบบ3เฟส,ระดับแรงดันไฟฟ้า480V ac รวมระบบกราวด์และที่ระดับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 32 A การเติมประจุไฟฟ้าแบบนี้สามารถเติมได้ เต็มความจุของแบตเตอรี่ 100% ที่กำลังไฟฟ้า 3 kW ใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าประมาณ 7 - 8 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาด ความจุของแบตเตอรี่ (Ah), พิกัดความสามารถของ On-Board Charger (KW) และ C RATE (CC mode charging current) ที่มีอยู่ในรถยนต์ไฟฟ้าสายต่อจะมี Monitor เพื่อดูค่าไฟฟ้าและมีฟังก์ชันการป้องกันเพิ่มขึ้นมาเช่น In - c a b l e RCD, Over Current Protection, Over-temperature Protection ,Protective protection Earth detection (From wall socket)

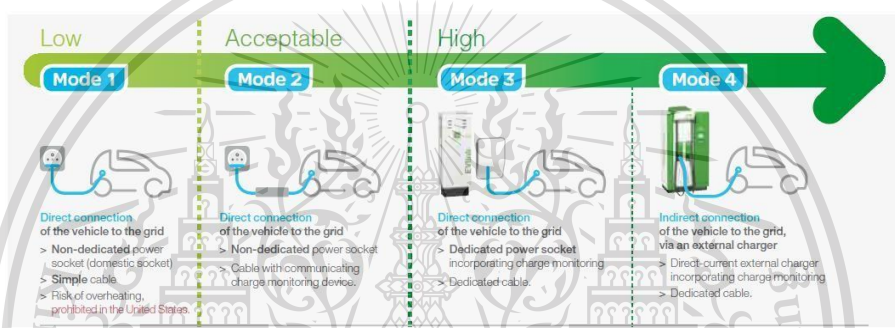
แบบ 3 คือ การประจุไฟฟ้ากระแสสลับแบบเติมเร็วปานกลางเป็นการต่อใช้ตู้เติมประจุไฟฟ้าที่มีระบบไฟฟ้าเป็นแบบ1เฟส,ระดับแรงดันไฟฟ้า 250Vac หรือระบบไฟฟ้าเป็นแบบ3เฟส,ระดับแรงดันไฟฟ้า480 Vac รวมระบบกราวด์และที่ระดับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 250A การเติมประจุไฟฟ้าแบบนี้สามารถเติมได้เต็ม ความจุของแบตเตอรี่ 100% ที่กำลังไฟฟ้า 3 kW ใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าประมาณ 7 - 8 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาด ความจุของแบตเตอรี่ (Ah), พิกัดความสามารถของ On-Board Charger (KW) และ C RATE (CC mode charging current) ที่มีอยู่ในรถยนต์ไฟฟ้าสายต่อจะมี Monitor เพื่อดูค่าไฟฟ้าและมีฟังก์ชันการป้องกันเพิ่มขึ้นมาเช่น In - c a b l e RCD, Over Current Protection, Over-temperature Protection ,Protective protection Earth detection (From wall socket)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

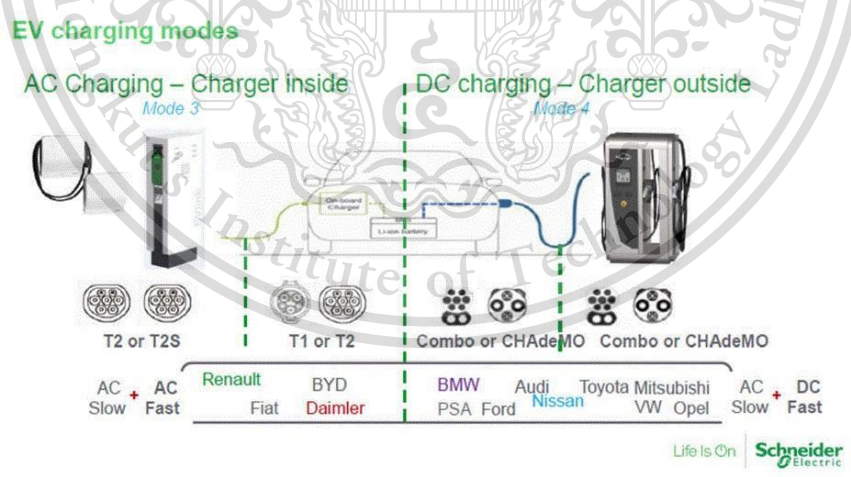
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แบตเตอรี่ 100% ที่กำลังไฟฟ้า 22 kW ใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าประมาณ 3 ชั่วโมง และขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่(Ah), พิกัดความสามารถของ On-Board Charger (KW) และ CRATE (CC mode charging current) ที่มีอยู่ในรถยนต์ไฟฟ้า

แบบ 4 คือ การประจุไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มเร็วเป็นการต่อใช้งานตู้เติมประจุไฟฟ้าที่มีระบบแรงดันไฟฟ้าเป็น 600Vdc และที่ระดับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 400A dc การเติมประจุไฟฟ้าแบบนี้สามารถเติมได้ เต็มความจุของแบตเตอรี่ 80% ที่กำลังไฟฟ้า 50 kW ใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าประมาณ 30 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่ (Ah), พิกัดความสามารถของ On-Board Charger (KW) และ CRATE (CC mode charging current) ที่มีอยู่ในรถยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 มาตรฐานตู้เติมประจุไฟฟ้า ตาม IEC 61851-1 สามารถแบ่งการทำงานได้ 4 แบบ



รูปที่ 2.7 แบบของโหมดการทำงาน Mode 3, Mode 4 ลัก ขณะการเติมประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ ที่มา: บริษัท Schneider Electric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

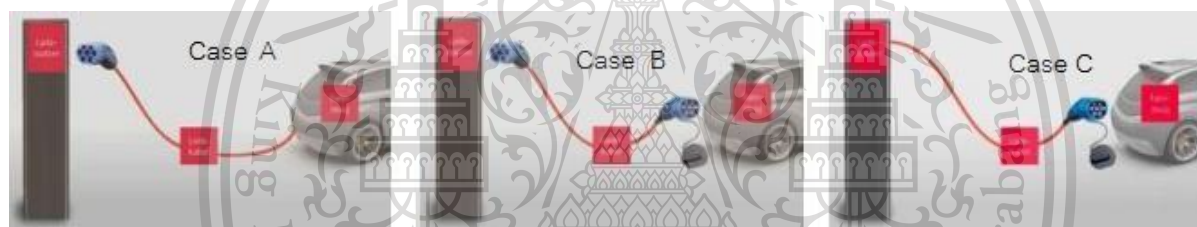
ตู้เติมประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งตามการออกแบบได้เป็น3แบบ

แบบA:สายเติมประจุไฟฟ้าจะยึดติดกับตัวรถยนต์ไฟฟ้าปลายสายเป็นเต้าเสียบส่วนที่ตู้เติมประจุไฟฟ้าเป็นเต้ารับ

แบบ B : สายเติมประจุไฟฟ้าจะแยกจากตัวรถยนต์ไฟฟ้า และตู้เติมประจุไฟฟ้า ปลายสายทั้งสอง ด้านเป็นเต้าเสียบส่วนที่ตู้เติมประจุไฟฟ้าและตัวรถเป็นเต้าเสียบ

แบบC:สายเติมประจุไฟฟ้าจะยึดติดกับตู้เติมประจุไฟฟ้าปลายสายเป็นเต้าเสียบตัวรถยนต์เป็นเต้ารับ

ทั้งนี้ทั้งนั้นผู้ผลิตตู้เติมประจุไฟฟ้า เพื่อติดตั้งในสถานีในสถานที่ต่าง ๆ สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าต้อง ผลิตให้สอดคล้อง และรองรับกับรถยนต์ไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 2.8 ตู้เติมประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ากับเต้าเสียบและเต้ารับ

หลักการทำงานตู้เติมประจุไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ตู้เติมประจุไฟฟ้าแบบกระแสสลับและ
2. ตู้เติมประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง

หลักการทำงานตู้เติมประจุไฟฟ้าแบบกระแสสลับจะรับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับและจ่ายไฟฟ้าออกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ รูปแบบของตู้ Mode3 ตามมาตรฐานIEC 61851-1 ซึ่งสามารถออกแบบเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นระบบ 1 เฟส หรือ 3 เฟส กระแสไฟฟ้าไม่เกิน 250A ซึ่งในประเทศไทยจะใช้แรงดันที่1เฟสเป็น220Vและที่แรงดันที่3เฟสที่ 400Vโดยอุปกรณ์หลัก ภายในตู้เติมประจุไฟฟ้า และการทำงานของแต่ละอุปกรณ์มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- (1) Circuit Breaker เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินเมื่อมีความผิดปกติทางไฟฟ้าจะตัดวงจรทันที เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ในตู้เสียหายและเกิดอันตรายกับผู้ใช้งานตู้ประจุไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้า
- (2) Magnetic Contactor ในตู้ประจุไฟฟ้าทำหน้าที่ตัดต่อกำลัง ไฟฟ้าโดยรับคำสั่งจาก Controller เพื่อจ่ายไฟออกไปยัง Socket ที่เชื่อมต่อไปรถยนต์ไฟฟ้าต่อไป
- (3) RCD หรือเรียกว่า RCCB เป็นอุปกรณ์กระแสรั่วเมื่อมีความผิดปกติทางไฟฟ้าจะตัดวงจรทันทีเพื่อไม่เกิดอันตรายกับผู้ใช้งานตู้ประจุไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้า
- (4) Vehicle connector หรือ Socket เป็นตัว เชื่อมต่อเพื่อจ่ายไฟไปให้กับ รถยนต์ไฟฟ้า รวมทั้งระบบ ควบคุม/สื่อสาร และระบบกราวด์ กับรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งออกแบบเป็น Type 2
- (5) Current Transformer เป็นตัวตรวจจับกระแสเพื่อส่งค่ากระแสไปที่ Controller
- (6) Controller หน่วยประมวลผลรับข้อมูลเพื่อประมวลผลและส่งข้อมูลสั่งงานไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานไปตามฟังก์ชัน
- (7) RFID Reader ตัวอ่านข้อมูลเพื่อเริ่มทำงาน และ LED Interface คือหน้าจอแสดงสถานะ การทำงานต่างๆโดยใช้ร่วมกับ Card RFID ซึ่งใน Card RFID จะมีข้อมูลIDของผู้ถือบัตรโดย CARD ดังกล่าวเป็นตัวเก็บข้อมูลดิบ (พลังงานที่ใช้และระยะเวลา) โดยนำข้อมูลดิบดังกล่าวไปใช้ร่วมกับ Software ของระบบ Billing เพื่อคิดค่าใช้จ่ายในการประจุไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Specifications

IEC Compliant	Mode 3 per IEC 61851
Vehicle Interface	IEC 62196 EV type 2 connector
Voltage and Current Rating	230Vac at 16A or 400Vac at 32A
AC Max. Charging Power Output ⁽¹⁾	22kW (400Vac at 32A) or 3.6kW (230Vac at 16A)
AC Power Input	230Vac requiring only L1, N, and E ground 400Vac requiring only L1, L2, L3, N and E ground
Recommended Circuit Breakers	Pole, Wall, Compact pedestal: 1 x 4P-40A or 2P-20A MCB on dedicated circuit Back-to-back pedestal: 2 x 4P-40A or 2P-20A MCB on dedicated circuit
Ground Fault Protection	30mA RCCB with auto reclosure
Cold Load Start	Random start up between 0 and 15 minutes for peak protection
Local Area Network	CAT5 Ethernet
Network Communication Protocol	TCP/IP
RFID Reader	ISO 15693 and ISO 14443 compliant SW type
Standby Power	SW type
Enclosure material	Stainless steel AISI 304 with polyester powder coating - RAL 9006
Outdoor Rated	Enclosure IP54-IK10; socket-outlet IP44
Safety Compliance	IEC 61851 and IEC 62196 compliant
Surge Protection	6kV at 3kA
EMI Compliance	IEC 61851-22 compliant
Operating Temperature	-30°C to +50°C ambient
Operating Humidity	Up to 95% non-condensing
Approximate Shipping Weights	Compact pedestal: 21 kg Back-to-back pedestal: 45 kg Wall: 15.5 kg Pole: 15.5 kg
Dimensions (HxWxD)	Compact pedestal: 1300 x 200 x 275 mm Back-to-back pedestal: 1300 x 300 x 350 mm Wall: 800 x 200 x 237 mm Pole: 800 x 200 x 237 mm

(1) The maximum power consumption is determined by EVSE.
The actual power consumption is determined by the electrical vehicle.

รูปที่ 2.9 ตู้เติมประจุไฟฟ้า

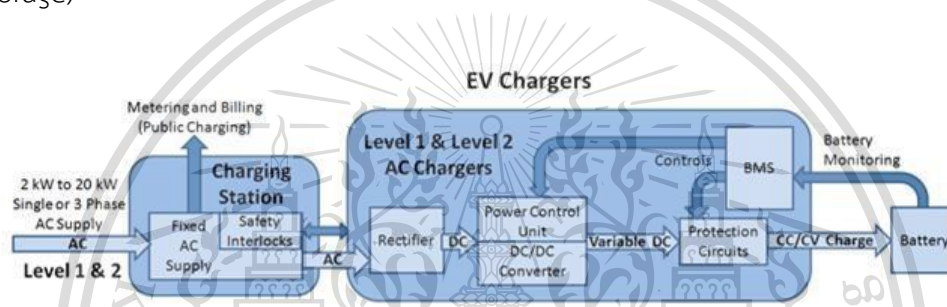
การทำงานร่วมกันระหว่างตู้เติมประจุไฟฟ้าให้กับรถยนต์ไฟฟ้าเมื่อตู้เติมประจุไฟฟ้ารับไฟฟ้าจาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านกระบวนภายในตู้เติมประจุไฟฟ้า จากนั้นหลักการทางานตู้เติมประจุไฟฟ้าแบบ กระแสสลับ จะจ่ายไฟฟ้า

เป็นไฟฟ้ากระแสสลับออกมา เป็น 1 เฟส หรือ 3 เฟส ตามผู้ติดตั้งเลือกมาติดตั้ง ซึ่ง เชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าที่รองรับกับระบบไฟดังกล่าวผ่านทาง AC Socket ซึ่งกำลังไฟฟ้าของตู้เติมประจุไฟฟ้า สามารถจ่ายออกมได้ตั้งแต่ 2kw

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ถึง 20kw โดยประมาณโดยที่ตัวรถไฟฟ้าจะมีวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือ เรียกว่าวงจร Rectifier และผ่านวงจรแปลง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าหนึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอีกค่าหนึ่ง (DC to DC Converter) ซึ่งเป็น แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ และผ่านวงจรป้องกัน ออกมาเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ (CV) และ กระแสไฟฟ้าคงที่ (CC) และประจุเข้าแบตเตอรี่ (Battery Storage) ซึ่ง แบตเตอรี่มีความจุในเก็บประจุมีขนาด ไม่เท่ากัน และแบตเตอรี่แรงดันไม่เท่ากันตามผู้ผลิตรถยนต์ค่ายต่าง ๆ EV Charge นี้อยู่ในตัวรถยนต์ซึ่งมี ระบบการจัดการแบตเตอรี่ซึ่งจะส่งข้อมูลไปยัง Power Control Unit สั่งให้ DC to DC Converter แปลง แรงดันคงที่ (CV) ตามแรงดันของแบตเตอรี่รถยนต์ และกระแสคงที่ (CC) ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ (Battery Storage)



รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมของระบบการประจุแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ตัวอย่าง รถยนต์ห้รถ Mitsubishi รุ่น iMiEV BEV Battery มีความจุ 16 kWh , มีพิกัด AC ON- BORAD CHARGER 3.76 kW (Max Charging Power) การคำนวณระยะเวลาการประจุไฟฟ้าโดยประมาณ ได้ดังนี้

ระยะเวลา(Hr.) = ความจุแบตเตอรี่(kWH) Max Charging Power (kW)

$$= 16(\text{kWH}) / 3.76 (\text{kW})$$

$$= 4.32 \text{ ชม.}$$

หมายเหตุ : จากตัวอย่างเป็นการคำนวณโดยไม่ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นค่าประมาณการเท่านั้น (ระยะเวลาในการประจุไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณระยะเวลาในการประจุไฟฟ้าความจุแบตเตอรี่มีหน่วยเป็น Ah (Battery capacity in Ah) และ CRATE ของ Charger เป็นค่าในการตั้งกระแสประจุไฟฟ้าที่เหมาะสมการประจุ

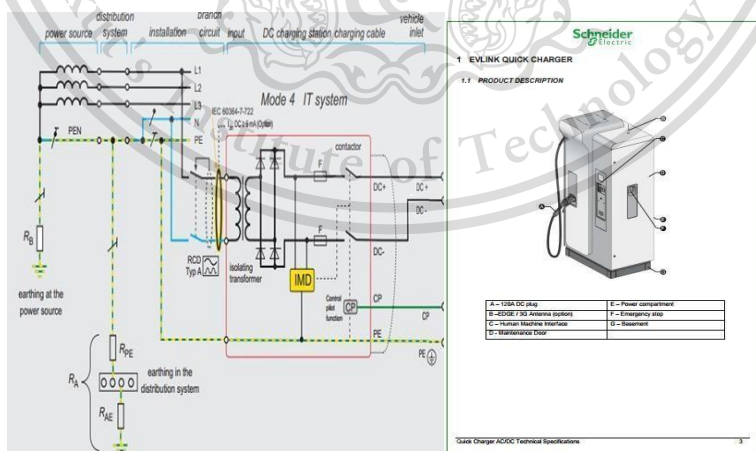
ไฟฟ้าซึ่งค่า CRATE มีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และความเร็วในการประจุ ไฟฟ้าซึ่งการออกแบบ AC ON- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนช่องทางการค้า BORAD CHARGER ในตัว จะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ของ รถยนต์ยี่ห้อ นั้น ๆ อยู่แล้ว)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลักการทางานของตู้ประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง คือ ตู้ไฟจะรับไฟจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็น กระแสสลับ แปลงแรงดันเป็นกระแสตรงตามขนาดแรงดันของแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ารูปแบบของตู้ แบบ 4 ตามมาตรฐาน IEC 61851-1 , Case C สายเติมประจุจะยึดติดกับตู้ประจุไฟฟ้า ปลายสายเป็นเต้าเสียบ ซึ่งแรงดัน ไฟฟ้าขาออกเป็น ระบบไฟฟ้ากระแสตรงสามารถออกแบบได้โดยกระแสไม่เกิน 400A และ แรงดัน 600 V โครงสร้างภายในตู้ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

- (1) PROTECTION/SAFETY ประกอบไปด้วย Circuit Breaker Surge Protection, Relay ป้องกันต่าง ๆ ทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์ภายในตู้ไม่ให้เกิดการเสียหายหากมีความผิดปกติของ ระบบเกิดขึ้น (2) TRANSFORMER แปลงแรงดันเป็นกระแสตรง (3) CONVERTERS แรงดันกระแสตรงเป็นกระแสตรงปรับค่าได้
- (4) ENERGY MEASUREMENT วัดค่าเพื่อส่งให้หน่วยประมวลผล
- (5) PLC หน่วยประมวลผลโดยรับข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ และสั่งงานอุปกรณ์ต่างให้เป็นไปตามฟังก์ชัน ที่ตั้งไว้
- (6) RFID Reader ตัวอ่านข้อมูลเพื่อเริ่มทำงาน และ LED Interface คือหน้าจอแสดงสถานะ การทำงานต่างๆ โดยใช้ร่วมกับ Card RFID ซึ่งใน Card RFID จะมีข้อมูล ID ของผู้ถือบัตร โดย CARD ดังกล่าวเป็นตัว เก็บข้อมูลดิบ (พลังงานที่ใช้และระยะเวลา)โดยนำข้อมูลดิบ ดังกล่าวไปใช้ร่วมกับ Software ของระบบ Billing เพื่อคิดค่าใช้จ่ายในการประจุไฟฟ้าต่อไป (7) CAN BUS CONTROL & AUTHENTICATION หน่วยสื่อสารตู้เติมประจุไฟฟ้ากับรถยนต์ไฟฟ้า (8) Vehicle connector หรือ Socket เป็นตัวเชื่อมต่อเพื่อจ่ายไฟไปที่กับรถยนต์ไฟฟ้ารวมทั้งระบบควบคุม/สื่อสารและระบบกราวด์กับรถยนต์ไฟฟ้าออกแบบเป็น Chademo



รูปที่ 2.11 วงจรการทางานของตู้ประจุไฟฟ้าแบบกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

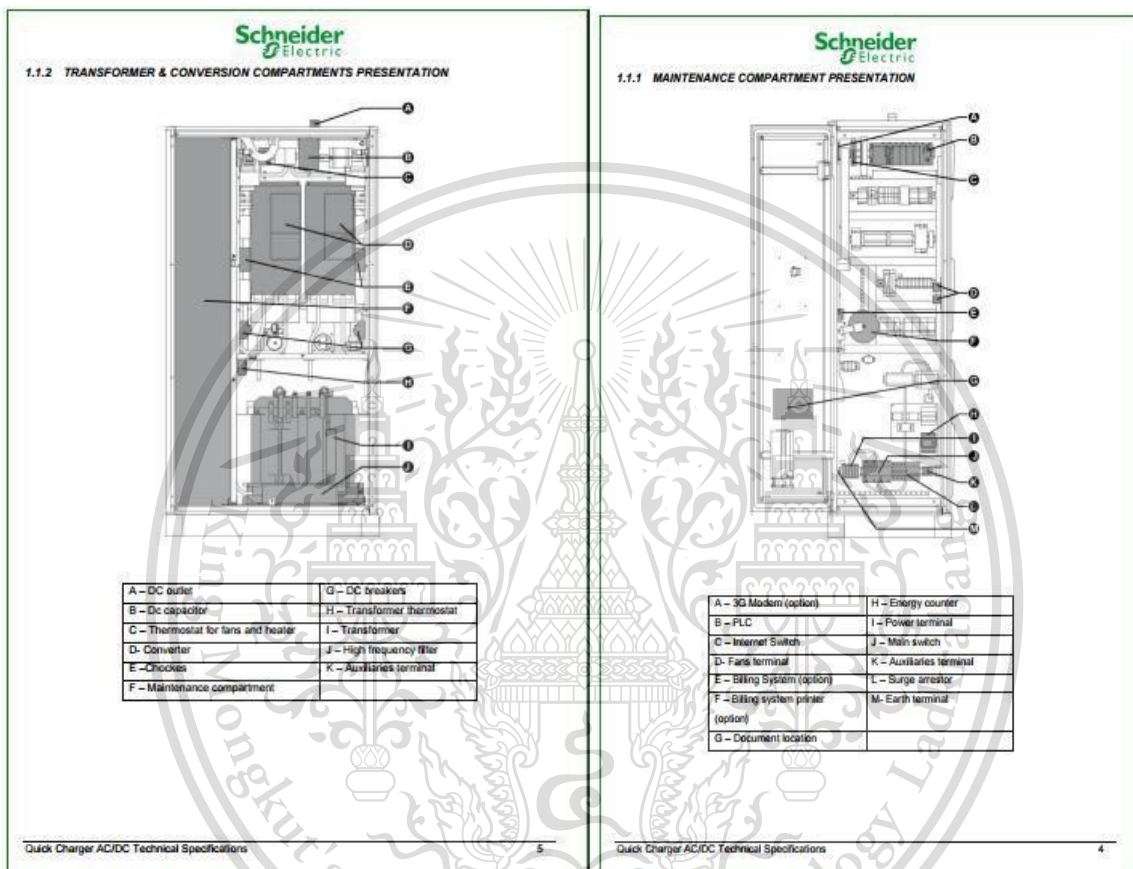
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

GENERAL

Output DC Power	50kW
Output DC Current	120A
Output DC Voltage	50-500V
DC cable length	3 Meters*
DC connection standard	CHAdEMO compliant

*Cable length can be chosen by the customer. [limited to 4 Meters]



รูปที่ 2.12 รายละเอียดอุปกรณ์ภายในตู้ประจุไฟฟ้า

การทำงานร่วมกันระหว่างตู้ประจุไฟฟ้ากับรถยนต์ไฟฟ้า เริ่มจากเมื่อตู้ประจุไฟฟ้าได้รับไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแล้วจะต้องแปลงให้เป็นแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสตรงที่ปรับค่าได้เชื่อมต่อกับรถยนต์ไฟฟ้าที่รองรับกับระบบไฟตังกล่าว ผ่านทาง Socket Chademo หรือ DC Coupler รูปแบบต่าง ๆ ซึ่ง กำลังไฟฟ้าของตู้ประจุไฟฟ้าสามารถจ่ายออกมาได้ตั้งแต่ 20 kw ถึง 240 kw ตามมาตรฐานที่ออกแบบโดยตู้เติมประจุไฟฟ้าจะมีหม้อแปลงที่ทำหน้าที่แปลงแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรงผ่านวงจรแปลงแรงดัน กระแสตรงค่าหนึ่งเป็นกระแสตรงอีกค่าหนึ่ง (DC to DC Converter) ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ปรับค่าได้โดยตู้ประจุไฟฟ้าจะมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบสื่อสารที่ต่อไปที่รถยนต์ไฟฟ้า ผ่าน Socket ดังกล่าว โดยตรวจเช็ค แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ตัวรถยนต์ว่ามีขนาดเท่าไร เมื่อข้อมูลส่งไปยัง ตู้ประจุไฟฟ้าไปยังหน่วย

ประมวลผลสั่งให้ Converter จ่ายไฟออกมาที่ขนาดแรงดันไฟฟ้าเท่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (Battery Storage) ในรถยนต์ซึ่งรถยนต์มี DC Contactor เมื่อ Control Pilot Function ที่เชื่อมต่อกันมีความถูกต้อง จะสั่งให้ DC Contactor ทำงานซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่ (CV) และกระแสไฟฟ้าคงที่ (CC) เพื่อประจุไฟฟ้า เข้าแบตเตอรี่ (Battery Storage)

ตัวอย่าง รถยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น iMiEV BEV Battery มีความจุ 16 kWh , มีพิกัดตู้ชาร์จ DC CHARGER 50 kW ยี่ห้อ Schneider การคำนวณระยะเวลาการชาร์จโดยประมาณได้ดังนี้

ระยะเวลา (Hr) = ความจุแบตเตอรี่ (kWh) Max Charging Power (kW)

$$= 16 \text{ (kWh)} / 50 \text{ (kW)}$$

$$= 0.32 \text{ ชม. หรือ ประมาณ 19.2 นาที}$$

หมายเหตุ : จากตัวอย่างเป็นการคำนวณโดยไม่ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นค่าประมาณการ เท่านั้น (ระยะเวลาในการประจุไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณระยะเวลาในการประจุไฟฟ้าความจุแบตเตอรี่มีหน่วย เป็น Ah (Battery capacity in Ah) และ C RATE ของ Charger เป็นค่าในการตั้งกระแสประจุไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการประจุไฟฟ้าซึ่งค่า CRATE มีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่และความเร็วในการประจุไฟฟ้าตู้ประจุไฟฟ้ามีพิกัดสูงสุดของค่า C RATE ระบุไว้ โดยใช้ระบบสื่อสารที่มีอยู่ในตู้และรถในการเลือก ค่า C Rate ที่สามารถประจุไฟฟ้าได้ในแต่ละครั้ง)

2.3 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานเค้าเสียบเต้ารับอุปกรณ์ต่อของรถยนต์และสายไฟฟ้ามอเตอร์

IEC 6296-1 คือ มาตรฐานการประจุไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 250 A ac และ ระดับกระแสไฟฟ้า 400 A dc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

IEC 62196-2 คือ มาตรฐานของรูปแบบเต้าเสียบ และ เต้ารับ, อุปกรณ์ต่อของรถยนต์ และสายเสียบ ของรถยนต์ไฟฟ้า การกำหนดขนาดให้มีขนาดเดียวกันและลักษณะการถอด-เสียบลักษณะรูปแบบของ AC Pin และ AC Contact-tube accessories

IEC 62196-3 คือ มาตรฐานของรูปแบบเต้าเสียบ และเต้ารับ, อุปกรณ์ต่อของรถยนต์ และสายเสียบ ของรถยนต์ไฟฟ้า การกำหนดขนาดให้มีขนาดเดียวกันและลักษณะการถอด-เสียบ ลักษณะรูปแบบของ DC pin และ AC/DC Contact-tube vehicle couplers

มาตรฐาน SAE ย่อมาจาก Society of Automotive Engineering หมายถึง สมาคมวิศวกรยานยนต์เป็น สมาคมที่ทำหน้าที่ค้นคว้าวิจัย และวางกฎเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ เกี่ยวกับรถยนต์ของสหรัฐอเมริกาซึ่งได้ แยกเป็นมาตรฐานไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงโดยแบ่งตู้ประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

SAE (AC) แบ่งเป็น 2 ระดับดังนี้

ระดับ 1 : กำหนดระดับแรงดันไฟฟ้า 120V 1 เฟส กระแสไฟฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับ 12A, น้อย กว่าหรือเท่ากับ 16A กำลังไฟฟ้ามักกว่าหรือเท่ากับ 1.44 กิโลวัตต์, น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.92 กิโลวัตต์ (SAE J1772 กำหนดรูปแบบเป็น Type 1)

ระดับ 2 : กำหนดระดับแรงดันไฟฟ้า 240 V 1 เฟส กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 A กำลัง ไฟฟ้าน้อยกว่าหรือ เท่ากับ 19.2 กิโลวัตต์ (SAE J1772 กำหนดรูปแบบเป็น Type 1)

SAE (DC) แบ่งเป็น 2 ระดับดังนี้

ระดับ 1 : กำหนดระดับแรงดันไฟฟ้า 200-450 V พิกัด กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ 80 A พิกัด กำลัง ไฟฟ้าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ 36 กิโลวัตต์

ระดับ 2 : กำหนดระดับแรงดันไฟฟ้า 200-450 V พิกัดกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 A พิกัด กำลัง ไฟฟ้าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 90 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Type	Expected Power Level	Est. Charge Time*	Vehicle Technology
Level 1 120 VAC	≤1.9 kW (16A)	4 – 11 hrs 11 – 36 hrs	PHEVs (5 - 15 kWh) BEVs**(16 -50 kWh)
Level 2 240 VAC	≤19.2 kW (80A)	1 – 4 hrs 2 - 6 hrs 2 – 3 hrs	PHEVs (5 - 15 kWh) BEVs (16 – 30 kWh) BEVs (30 – 50kWh)
Level 3	TBD	TBD	TBD

ตารางที่ 2.1 AC Charging Power Levels: SAE J1772

CHAdeMO มาตรฐานประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้าแบบเร็วของญี่ปุ่น เป็นระบบแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง จนถึง 500 V กระแส 125 A

GB มาตรฐานสำหรับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

GB/T 20234 มาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่อสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 part GB/T 20234-1 ข้อกำหนดทั่วไป

GB/T20234-2 ปลั๊กสำหรับชาร์จไฟกระแสสลับ

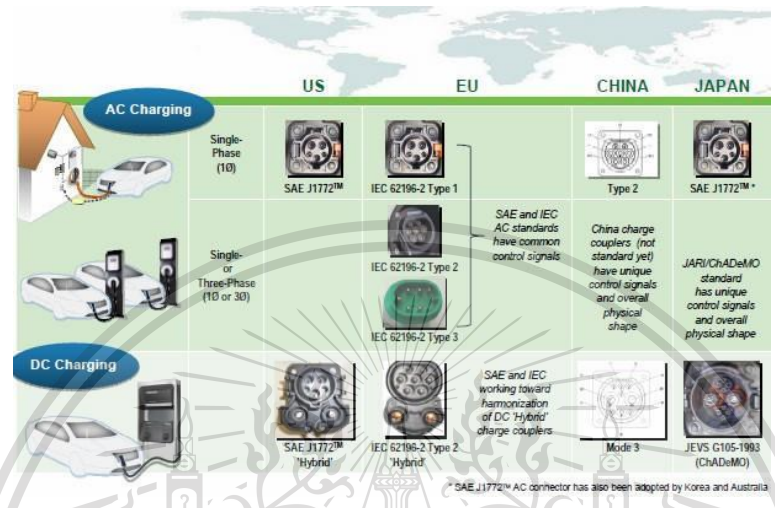
GB/T20234-3 ปลั๊กสำหรับชาร์จไฟกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับใช้งาน ไม่เกิน 690 V, 50 Hz, กระแสไฟฟ้า 250 A และแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง ใช้งาน DC ไม่เกิน 1000 V, กระแส 400 A ซึ่งมาตรฐาน GB การใช้งานและระบบสื่อสารไม่ สอดคล้องกับมาตรฐาน SAE และ IEC



รูปที่ 2.13 มาตรฐานปลั๊ก และเต้าเสียบสำหรับรถไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

3.1 วิธีการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ทำการทดสอบโดยการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าของโหลดชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกันระหว่างช่วงที่ไม่มีมีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ากับช่วงที่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งจะมีการทดสอบรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า 2 รุ่น ที่มีขนาดความจุแบตเตอรี่เท่ากันคือ 72V แต่ต่างกันที่ชนิดของแบตเตอรี่และชนิดของกล่องชาร์จ

3.1.1 การออกแบบโมเดลบ้านจำลอง

การออกแบบโมเดลบ้านจำลองขึ้นมา โดยภายในบ้านประกอบด้วยโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้ คือ เครื่องปรับอากาศ 1 ตัว , พัดลม 2 ตัว , โน้ตบุ๊ก 1 เครื่อง , ตู้เย็น 1 ตู้ , โทรทัศน์ 1 เครื่อง , ไฟห้องรับแขก 6 หลอด , ไฟห้องนอน 2 หลอด และ โทรศัพท์มือถือ 2 เครื่อง

โดยเลือกเฉพาะโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำนวนเวลาการใช้งานเป็นประจำทุกวันและใช้งานเป็นเวลานาน เช่น ไมโครเวฟหรือกาต้มน้ำร้อน จึงไม่ถูกนำมาคิดในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 การออกแบบช่วงเวลาการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละวัน

ตารางเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในวันจันทร์-ศุกร์

	00:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-00:00
TV																								
พัดลม																								
แอร์																								
ไมค์บูท																								
ไฟห้องนอน																								
ไฟห้องนั่งเล่น																								
ตู้เย็น																								
ชาร์จแบตเตอรี่																								
EV																								

ตารางที่ 3.1 ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันจันทร์-ศุกร์

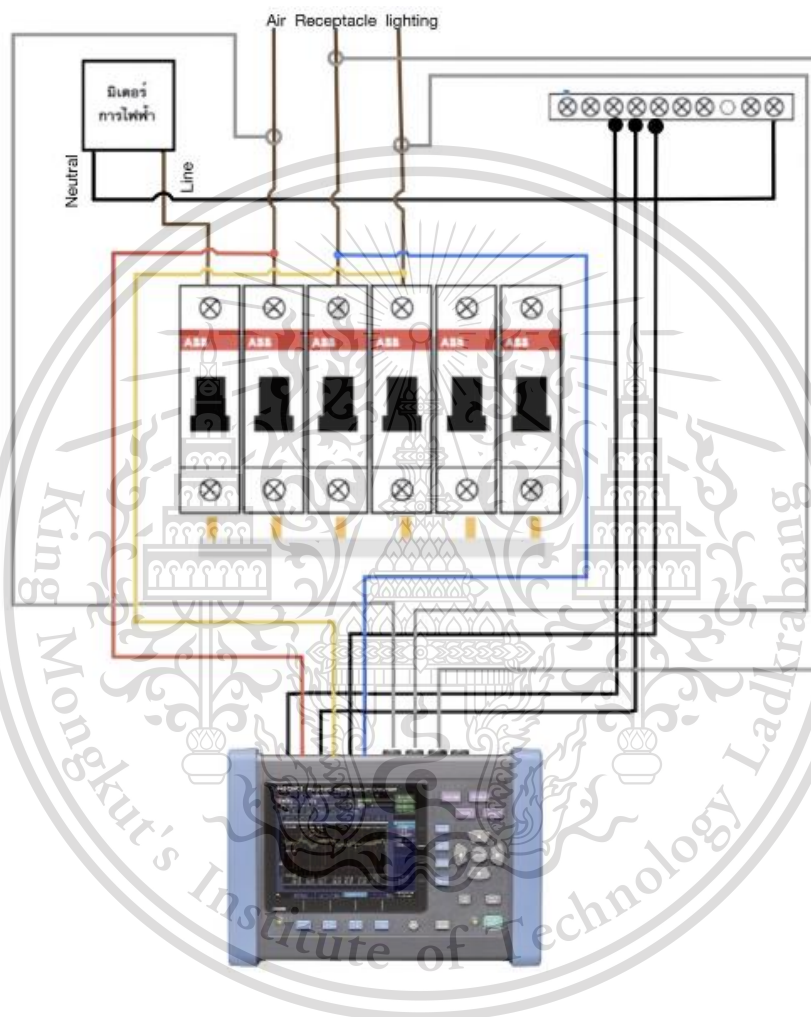
ตารางเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในวันเสาร์-อาทิตย์

	00:00-01:00	01:00-02:00	02:00-03:00	03:00-04:00	04:00-05:00	05:00-06:00	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-00:00
TV																								
พัดลม																								
แอร์																								
โน้ตบุ๊ก																								
ไฟห้องนอน																								
ไฟห้องนั่งเล่น																								
ตู้เย็น																								
ชาร์จแบตเตอรี่																								
EV																								

ตารางที่ 3.2 ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันเสาร์-อาทิตย์

3.1.3 ออกแบบวงจรทดสอบ

ออกแบบวงจรทดสอบ โดยประกอบด้วย 3 วงจรย่อย คือ วงจรเครื่องปรับอากาศ , วงจรแสงสว่าง และ วงจรเต้ารับ ซึ่งทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 โดย เฟส 1 วัดวงจรเครื่องปรับอากาศ , เฟส 2 วัดวงจรแสงสว่าง และเฟส3 วัดวงจรเต้ารับ ตามรูปที่



รูปที่ 3.1 วงจรการทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 ผลการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การบันทึกผลของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้านั้นจะนำไฟล์ csv ที่ได้จาก HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 มาพล็อตในโปรแกรม MATLAB โดยให้ เส้นสีน้ำเงิน แทนกรณีที่ไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (No EV), เส้นจุดสีแดง แทนกรณีที่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันสีดำ (EV Bike 1) และเส้นขีดสีเหลือง แทนกรณีที่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันสีขาว (EV Bike 2) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความหมายของเส้นแต่ละเส้นในกราฟเปรียบเทียบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การบันทึกผลรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะทำการแบ่งกรณีการใช้โหนดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการใช้โหนดวันธรรมดา (วันจันทร์ ถึง วันศุกร์) และรูปแบบการใช้โหนดวันหยุด (วันเสาร์ ถึง วันอาทิตย์) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 แต่ละรูปแบบโหนดได้ทำการบันทึกผลออกเป็น 3 วงจร คือ วงจรเครื่องปรับอากาศ, วงจรแสงสว่าง และวงจรเตารีด

โดยจากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้พบว่ามีพารามิเตอร์ที่น่าสนใจคือ กระแส RMS, กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ และกระแส THD

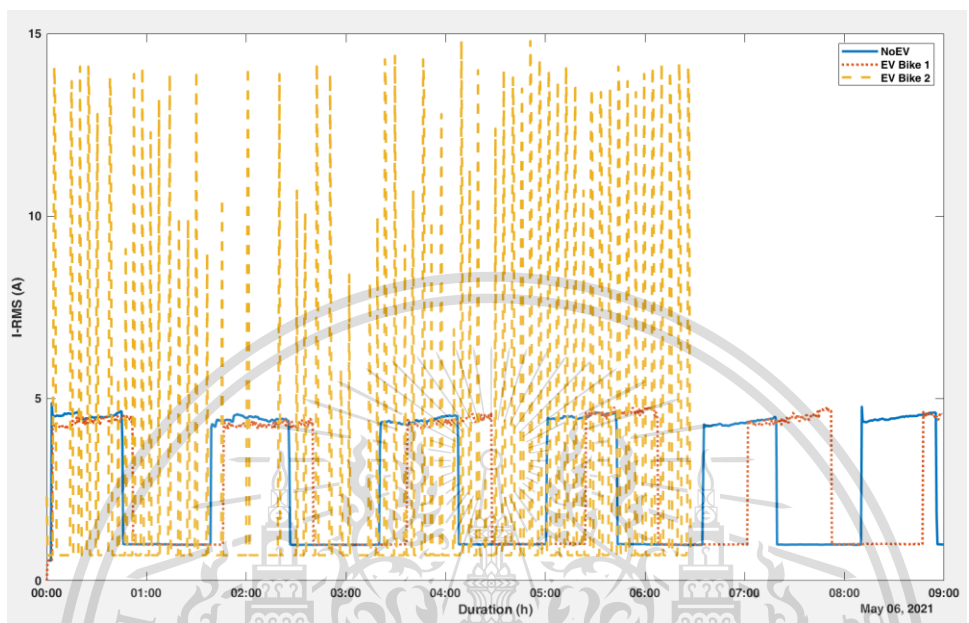
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

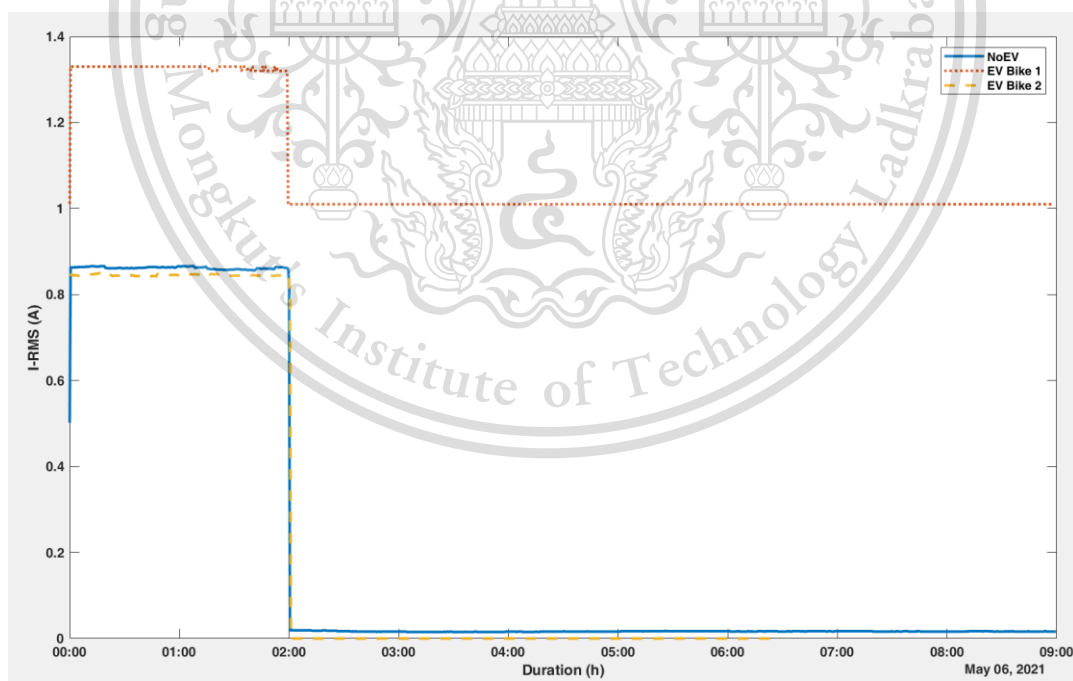
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.1 ผลการทดลองในรูปแบบการจำลองโหลดวันธรรมดา

3.2.2.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS)



(ก) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสอาร์เอ็มเอสของวงจร เครื่องปรับอากาศ

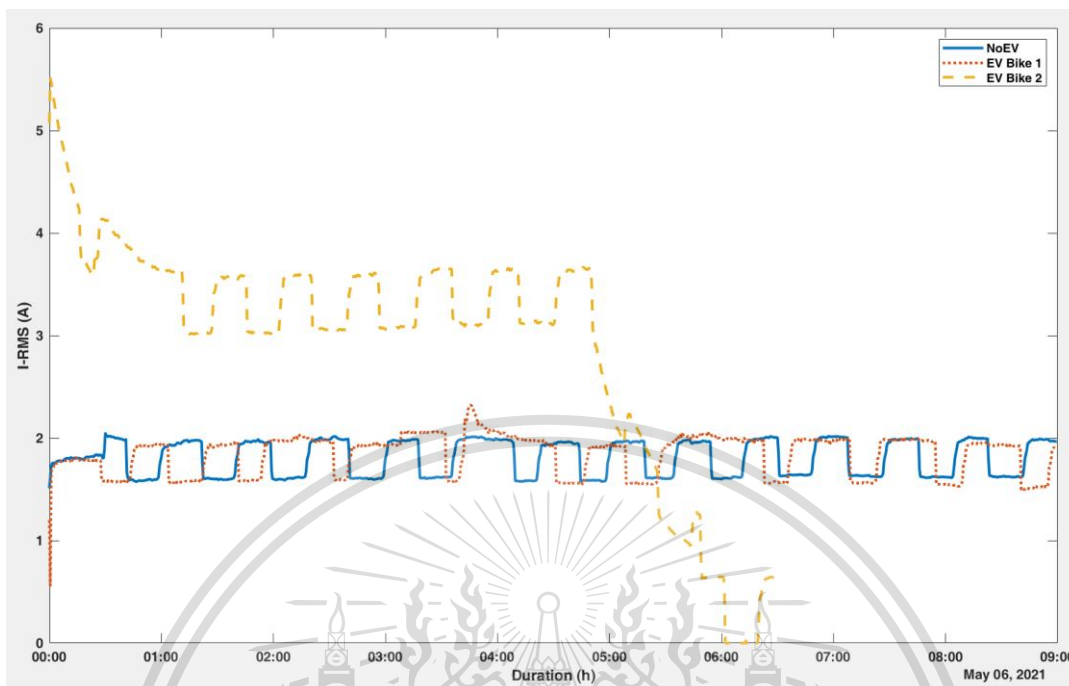


(ข) กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอสของวงจร แสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสอาร์เอ็มเอสของวงจร เต้ารับและรถจักรยานยนต์ EV

รูปที่ 3.3 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันธรรมดา

จากรูปที่ 3.3(ค) จะพบว่าเมื่อไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะมีกระแสอาร์เอ็มเอสอยู่ที่ประมาณ 2 แอมป์ ลักษณะคล้ายกราฟ Square และเมื่อมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้กระแสเพิ่มขึ้นสังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีกระแสอาร์เอ็มเอสอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.8 แอมป์ ซึ่งใกล้เคียงกับตอนที่ไม่มีการชาร์จ และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 (เส้นประสีเหลือง) ที่มีกระแสอาร์เอ็มเอสสูงสุดอยู่ที่ 5 แอมป์

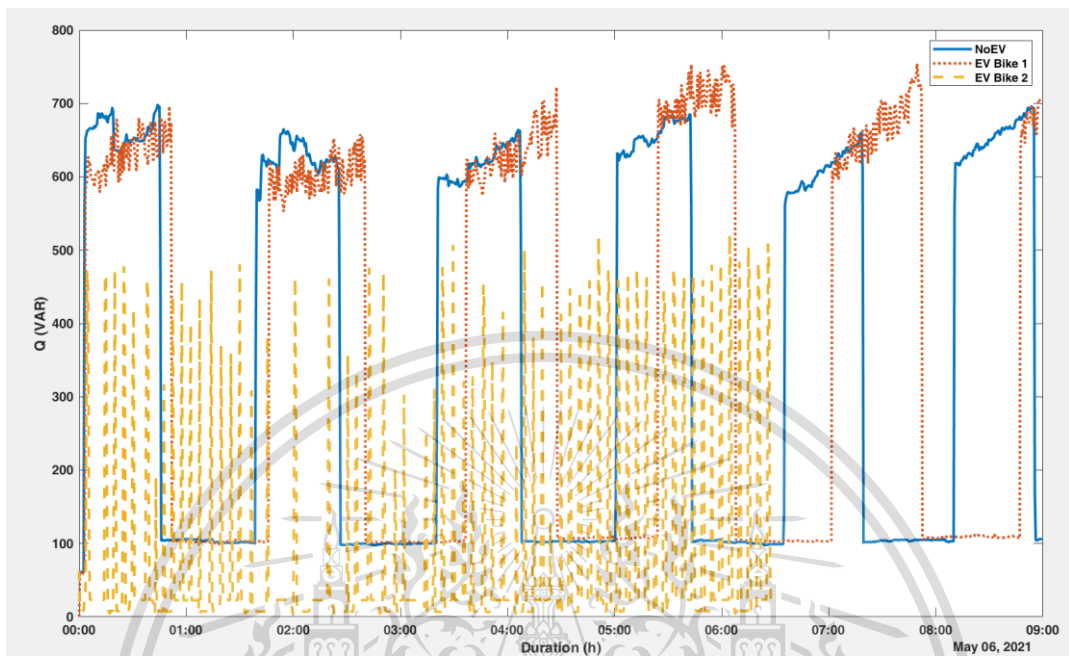
เนื่องจากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 คัน มีสเปคแบตเตอรี่และอะแดปเตอร์ชาร์จที่ต่างกันทำให้พฤติกรรมของกราฟที่ต่างกัน สังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีลักษณะพฤติกรรมกระแสอาร์เอ็มเอส คล้ายกับพฤติกรรมขณะที่ยังไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (เส้นสีน้ำเงินทึบ) แต่การชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีพฤติกรรมต่างกัน โดยมีการเหวี่ยงของกระแสตั้งแต่ 1 แอมป์ ถึง 3 แอมป์ ในระยะเวลาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที ถึง ชั่วโมงที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

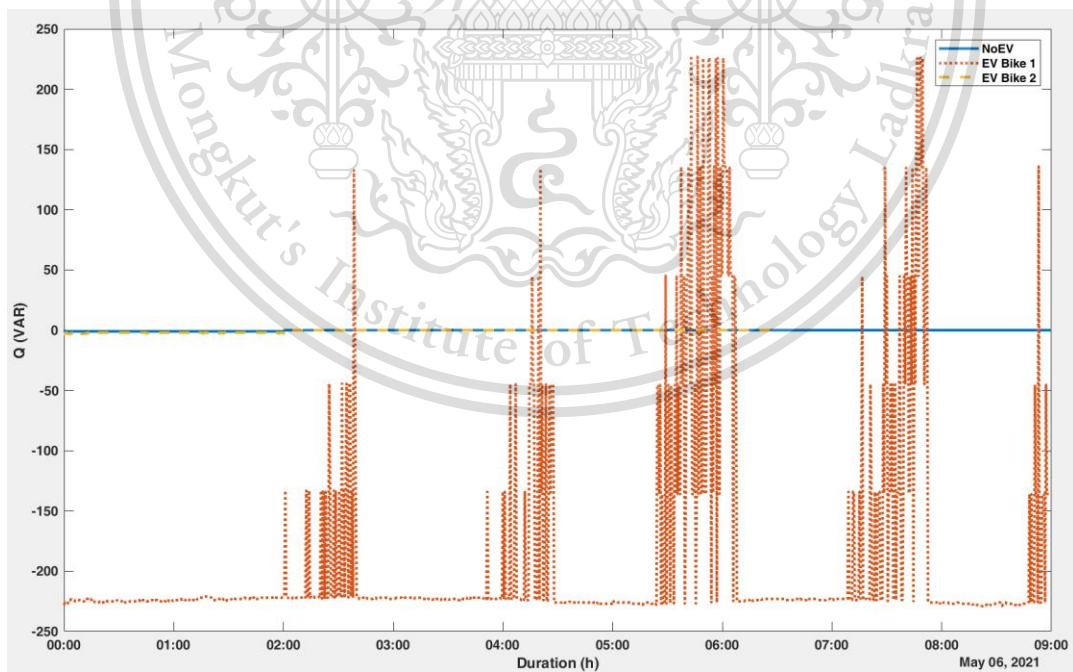
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2.2 กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ (Reactive Power)



(ก) กราฟเปรียบเทียบค่าของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจร เครื่องปรับอากาศ

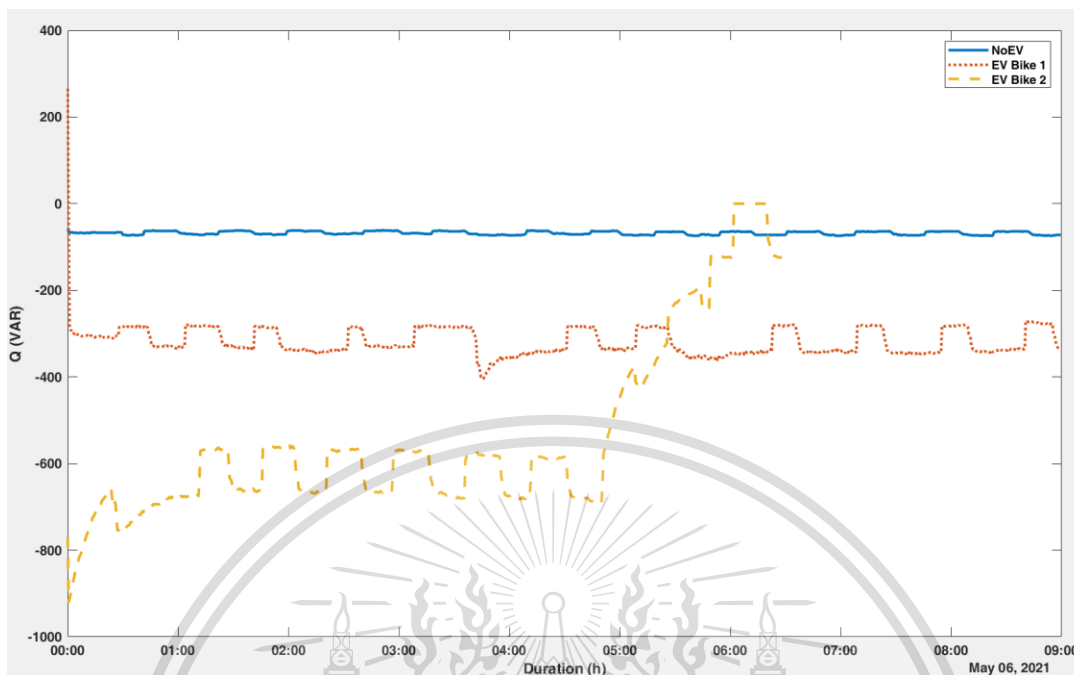


(ข) กราฟเปรียบเทียบค่าของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจร ส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจร ด้รับและรถจักรยานยนต์ EV

รูปที่ 3.4 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันธรรมดา

จากรูปที่ 3.4(ก) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจรเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะเห็นว่ากราฟของการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 จะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่โดยรวมกราฟแต่ละเส้นยังคงมีลักษณะของพฤติกรรมในลักษณะเดิม

จากรูป 3.4(ข) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจรส่องสว่าง จะพบว่ากราฟขณะไม่ทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีค่าของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟเท่ากันคือเท่ากับศูนย์ แต่เมื่อทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 มีการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดคุณภาพของอะแดปเตอร์ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าของคันที่ 1

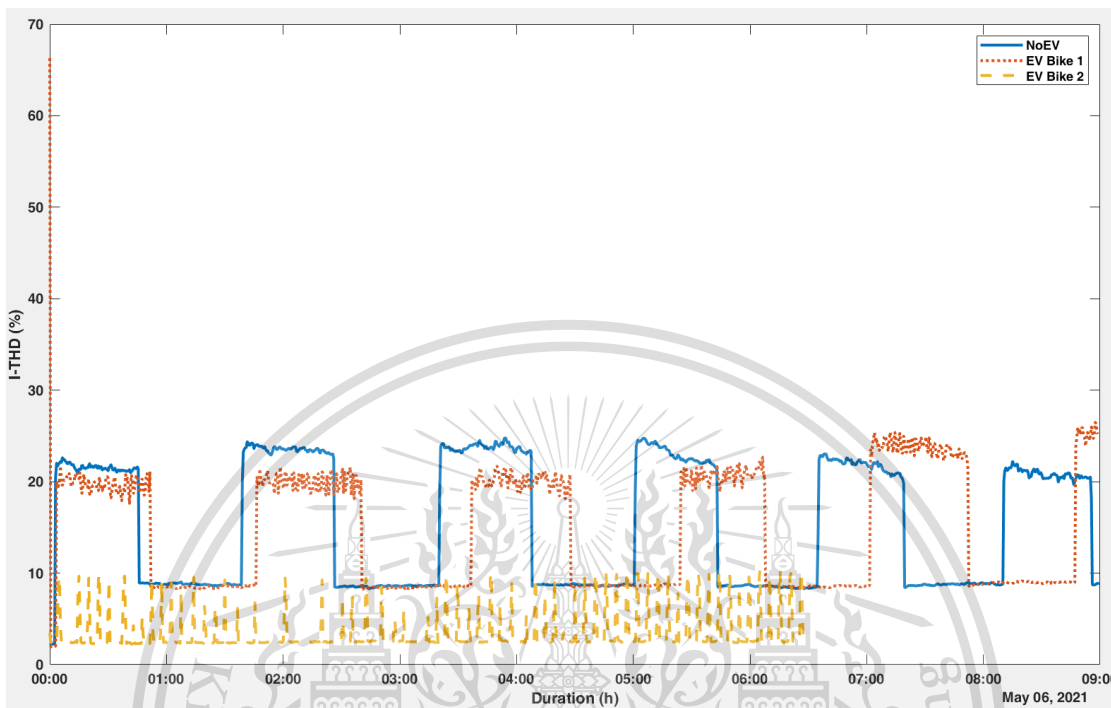
จากรูป 3.4(ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของวงจรด้รับ จะเห็นว่าเมื่อทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของรถทั้ง2คันจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยรถจักรยานยนต์คันที่ 1 มีค่าอยู่ที่ประมาณ 250 var ส่วนรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีค่าอยู่ที่ประมาณ 900-600var และค่อยๆลดลงเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

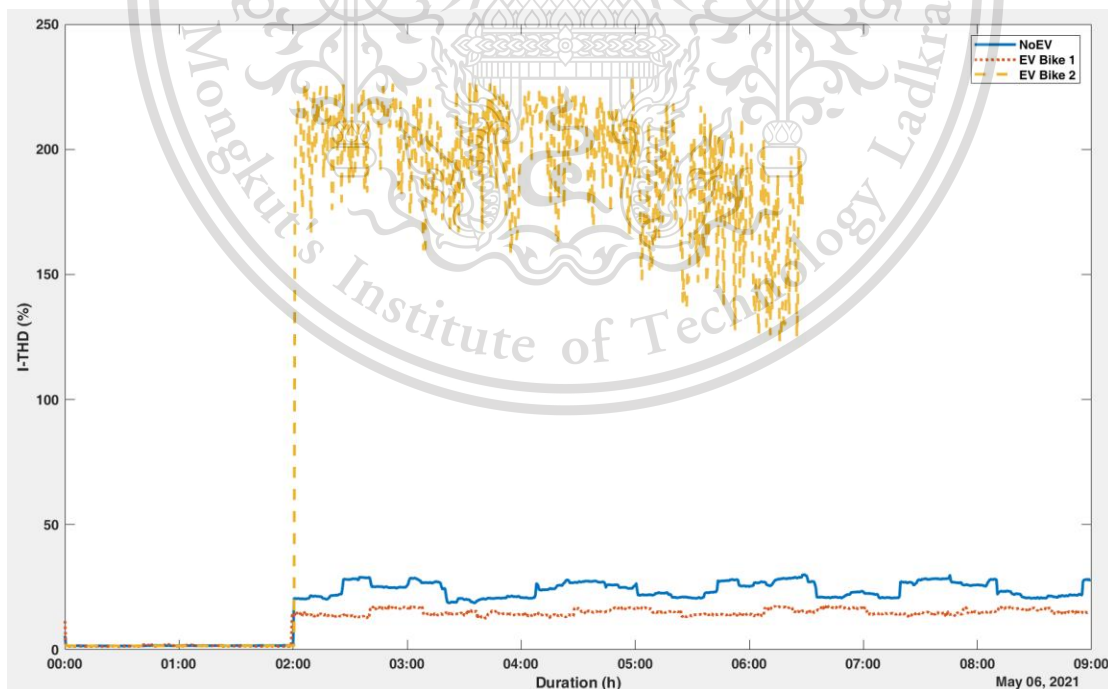
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2.3 กระแสที่เอชดี (I-THD)



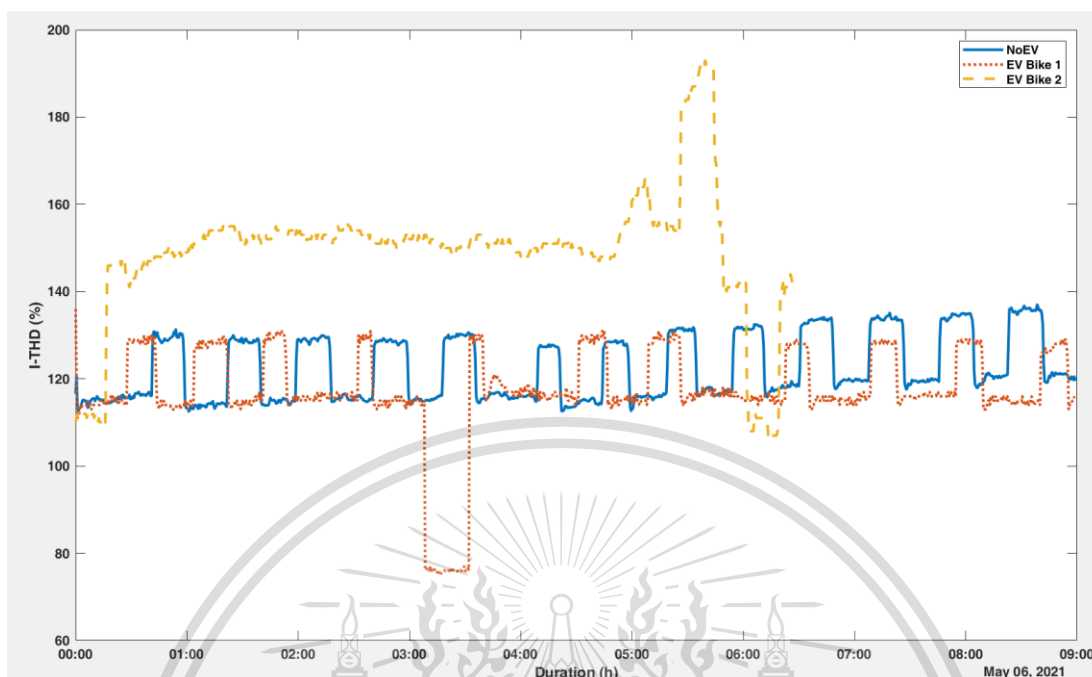
(ก) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสที่เอชดีของวงจร เครื่องปรับอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสที่เอชดีของวงจร เต้ารับและรถจักรยานยนต์ EV

รูปที่ 3.5 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้หลอดในวันธรรมดา

จากรูปที่ 3.5(ข) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจรส่องสว่าง เกิดความผิดปกติของค่ากระแสที่เอชดีในการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับกระแสที่เอชดีขณะไม่ทำการชาร์จและทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 โดยมีค่ามากที่สุดสูงถึง 230%

จากรูปที่ 3.5(ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจรเต้ารับ มีลักษณะของกราฟทั้งหมดคล้ายในรูปที่ 3.5(ข) โดยค่ากระแสที่เอชดีของการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดขึ้นไปมากที่สุดถึง 190% แต่ค่าของกระแสที่เอชดีของขณะไม่ทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและทำการชาร์จรถจักรยานยนต์คันที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ 130-115%

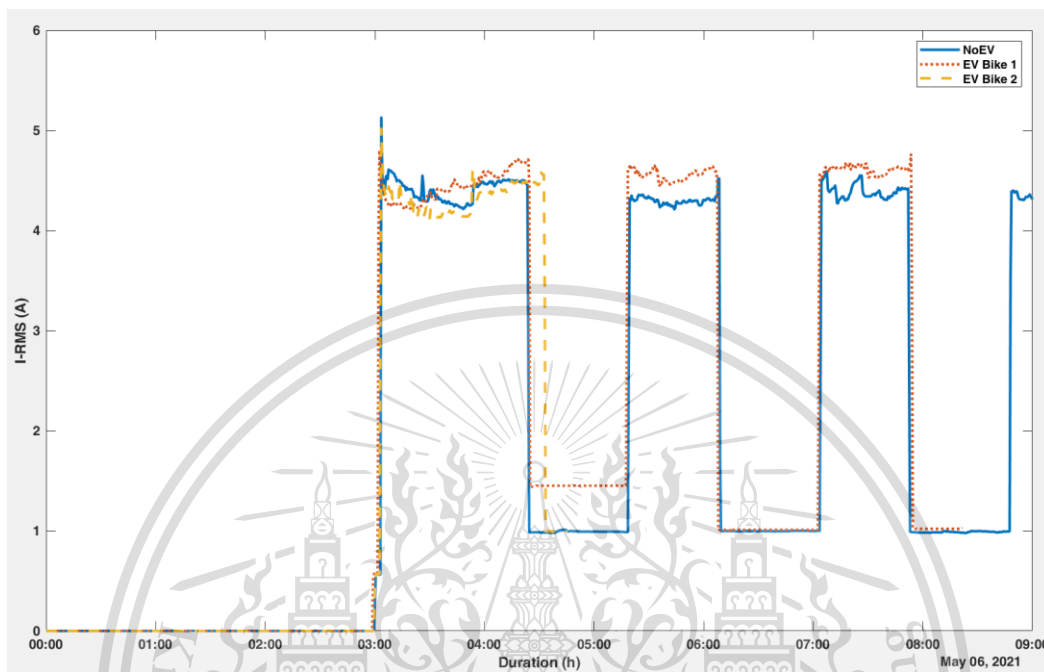
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

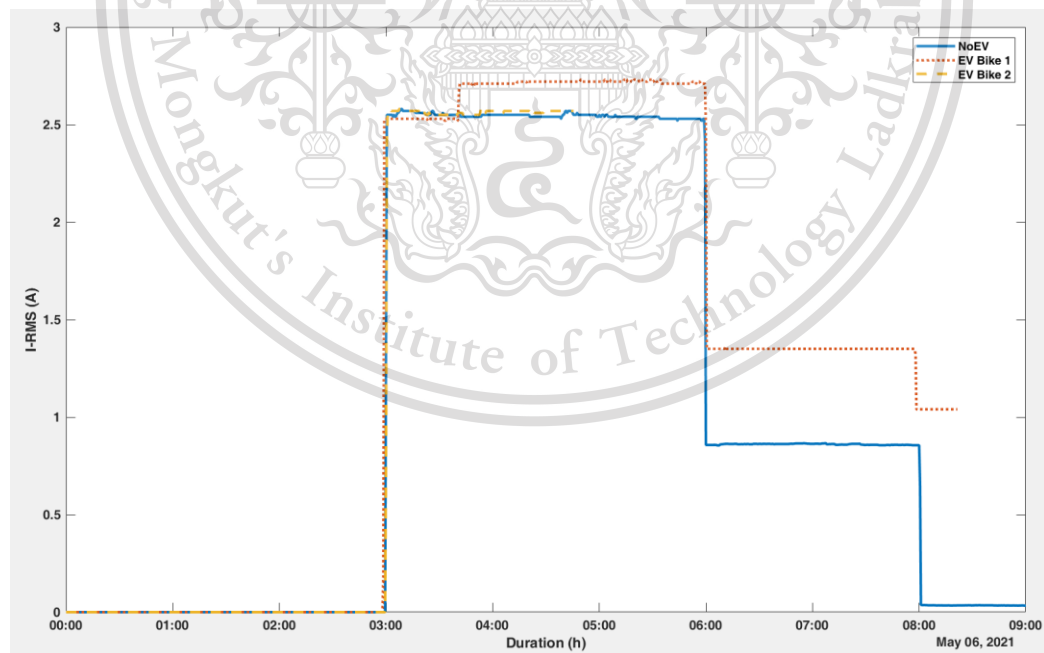
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 ผลการทดลองในรูปแบบการจำลองโหลดวันหยุด

3.2.2.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS)



(ก) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสอาร์เอ็มเอสของวงจร เครื่องปรับอากาศ

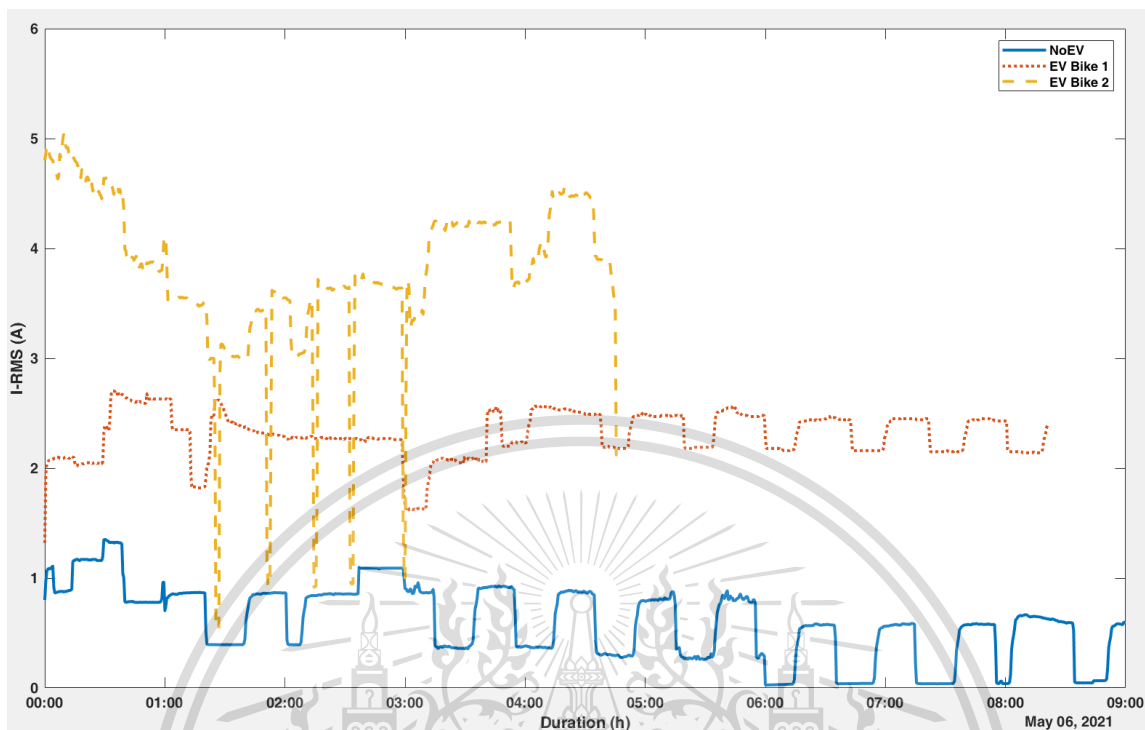


(ข) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสอาร์เอ็มเอสของวงจร ส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสอาร์เอมเอสของวงจร เต้ารับและรถจักรยานยนต์ EV

รูปที่ 3.6 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอมเอส สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันหยุด

จากรูปกราฟกระแสอาร์เอมเอส เส้นสีน้ำเงินทึบ แสดงถึง กราฟกระแสที่ไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เส้นสีแดงจุด แสดงถึง มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 และเส้นประสีเหลือง แสดงถึง มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 โดยที่แกน Y แทนปริมาณของกระแสอาร์เอมเอส มีหน่วยเป็น แอมป์ และแกน X แทนปริมาณของระยะเวลา มีหน่วยเป็นชั่วโมง

จากรูปที่ 3.6(ค) จะเห็นได้ว่าเมื่อไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะมีกระแสอาร์เอมเอสอยู่ที่ประมาณ 1 แอมป์ ลักษณะคล้ายกราฟ Square และเมื่อมีการใช้โหลดเพิ่มขึ้นอย่างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้กระแสเพิ่มขึ้นสังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีกระแสอาร์เอมเอสอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.8 แอมป์ และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 (เส้นประสีเหลือง) ที่มีกระแสอาร์เอมเอสสูงสุดอยู่ที่ 5 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เนื่องจากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 คัน มีสเปคแบตเตอรี่และอะแดปเตอร์ชาร์จที่ต่างกันทำให้พฤติกรรมของกราฟที่ต่างกัน สังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีลักษณะพฤติกรรมกระแสอาร์เอ็มเอส คล้ายกับพฤติกรรมขณะที่ยังไม่มีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (เส้นสีน้ำเงินทึบ) แต่การชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีพฤติกรรมต่างกัน โดยมีการเหวี่ยงของกระแสตั้งแต่ 1 แอมป์ ถึง 3 แอมป์ ในระยะเวลาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที ถึง ชั่วโมงที่ 3

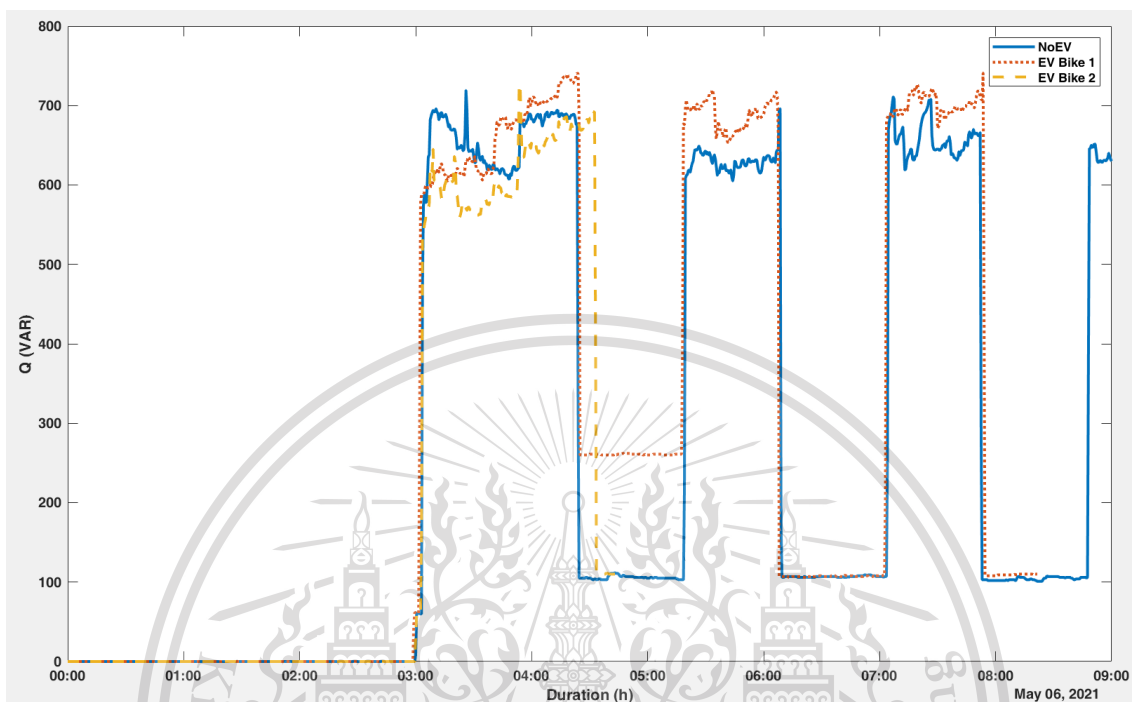


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

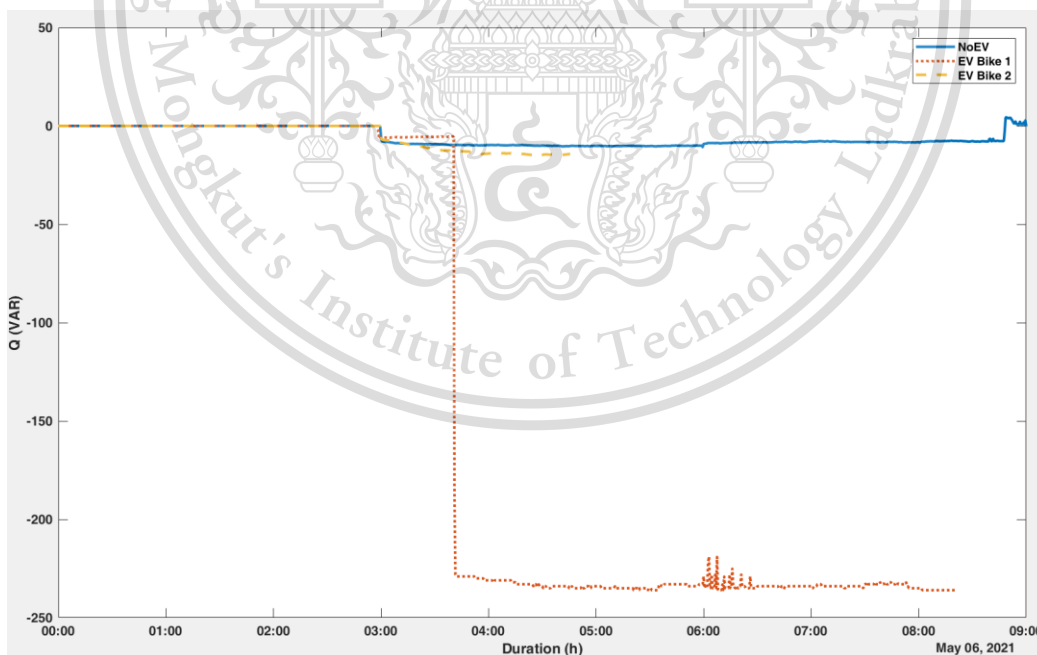
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2.2 กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ (Reactive Power)



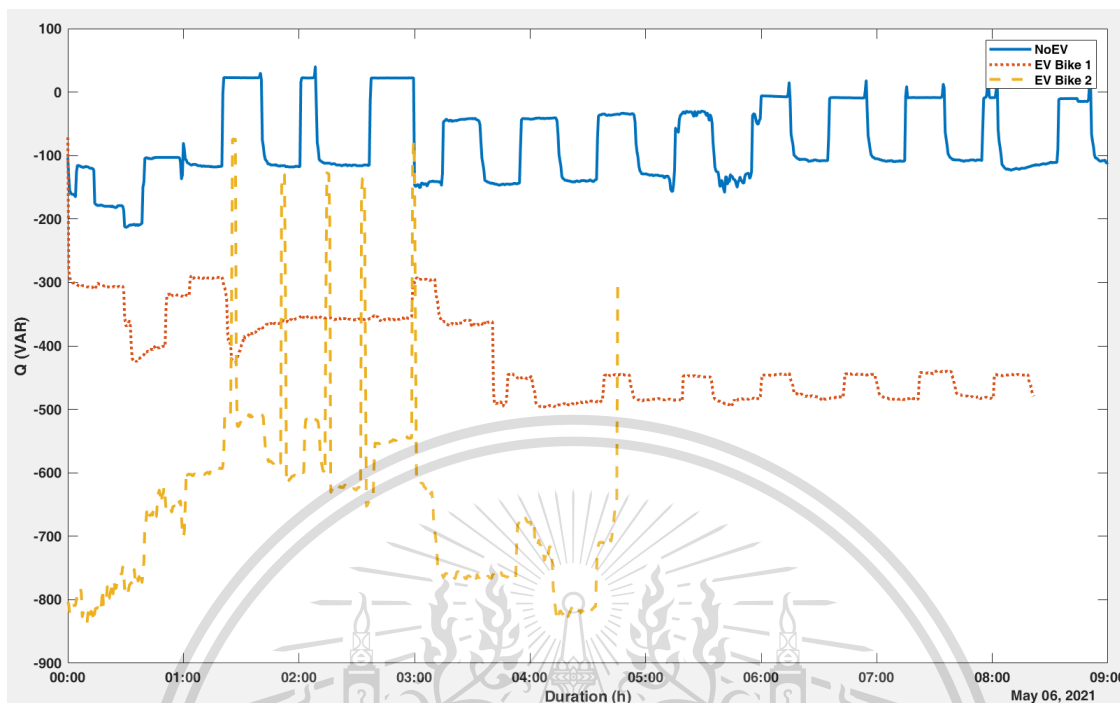
(ก) กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของของวงจร เครื่องปรับอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง (ข) กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของของวงจร ส่องสว่าง ุ้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจร เติ้ารับและรถจักรยานยนต์ EV
รูปที่ 3.7 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันหยุด

จากรูปที่ 3.7(ก) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจรเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่าผลกระทบที่เกิดจากยานยนต์ไฟฟ้านั้นมีผลกระทบทางด้านกระแสต่อวงจรเครื่องปรับอากาศมีค่าเล็กน้อย

จากรูป 3.7(ข) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจรส่องสว่าง ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจรส่องสว่างโดยรวมมีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับการชาร์จของมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แต่กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีช่วงการเปลี่ยนใกล้เคียงกับตอนไม่มีโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างทางคุณภาพของอะแดปเตอร์ชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

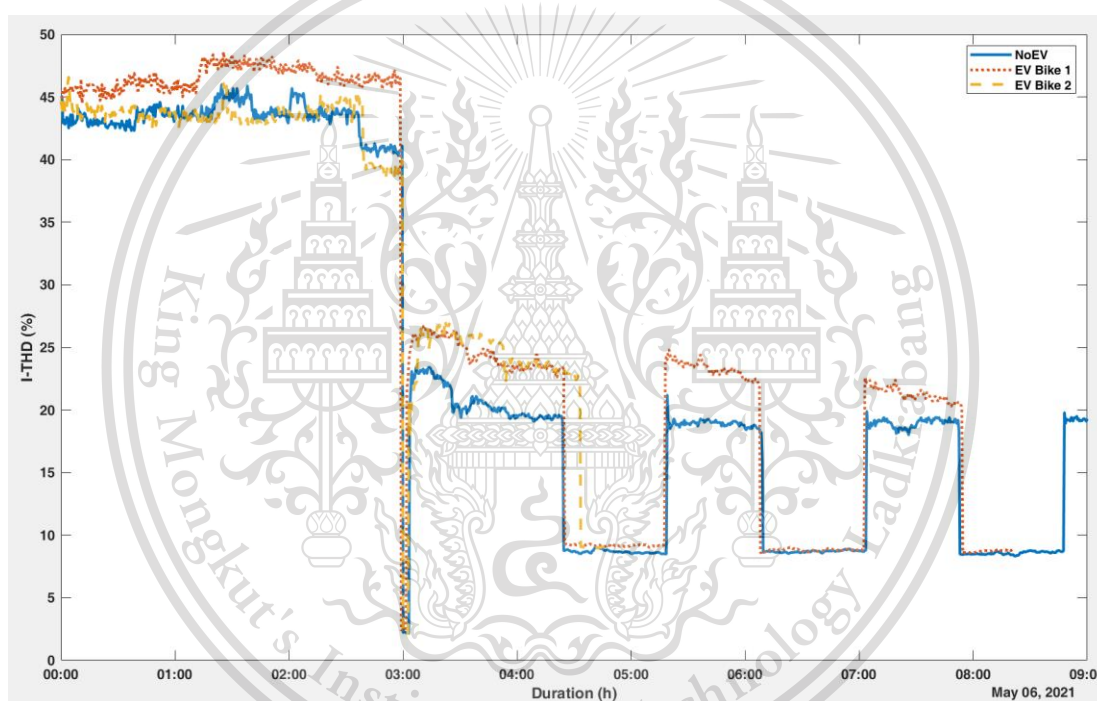
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 3.7(ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจรเต้ารับ ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่า กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของวงจรเต้ารับโดยรวมมีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับการชาร์จของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทั้งสองคัน แต่กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของ EV 2 จะมีค่ามากกว่า EV 1 โดยประมาณ 2.5 เท่า ซึ่งอาจเกิดจาก โครงสร้างอะแดปเตอร์ชาร์จของ EV 2 ที่มีค่าตัวเก็บประจุที่มากกว่าอะแดปเตอร์ EV 1

3.2.2.3 กระแสที่เอชดี (I-THD)

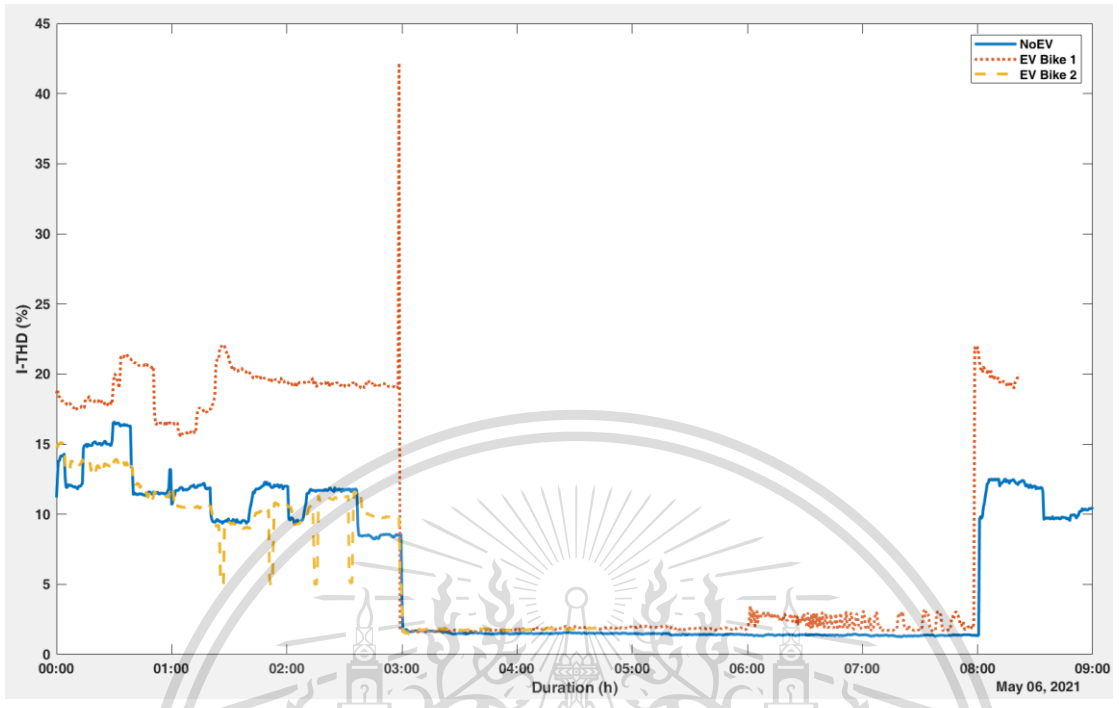


(ก) กราฟเปรียบเทียบค่ากระแสที่เอชดีของวงจร เครื่องปรับอากาศ

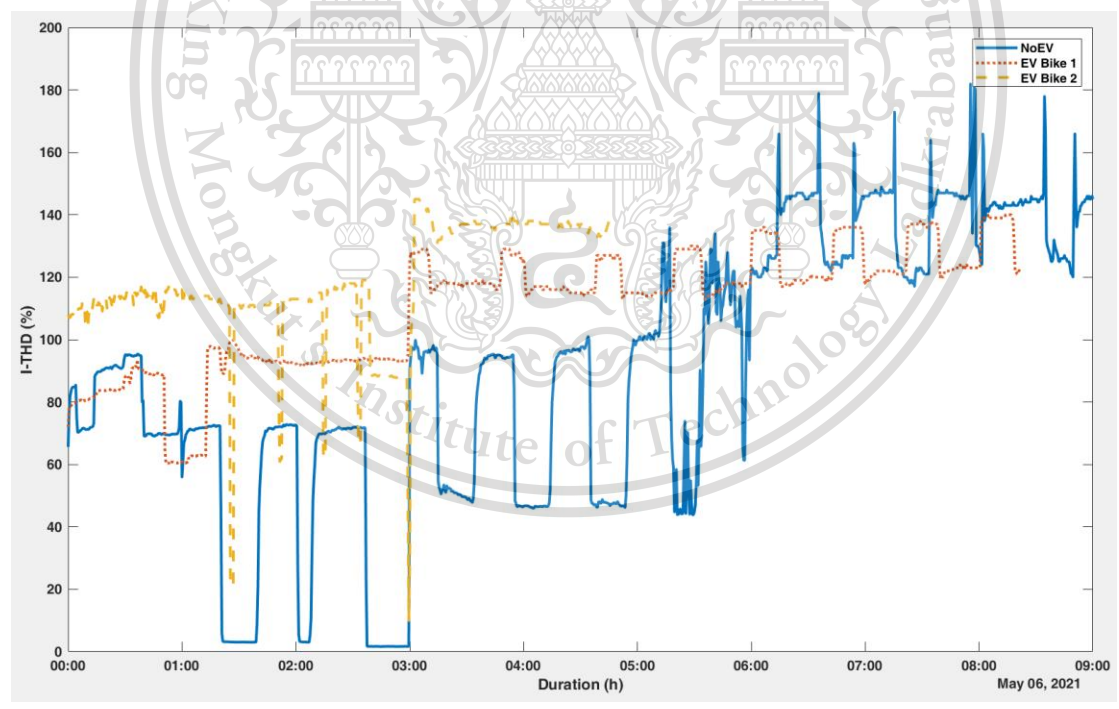
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟเปรียบเทียบค่ากระแสที่เอชดีของของวงจร ส่องสว่าง



(ค) กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสที่เอชดีของวงจร เต้ารับและรถจักรยานยนต์ EV

รูปที่ 3.8 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันหยุด
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับกรรเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.8(ก) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจร เครื่องปรับอากาศซึ่งสามารถเห็นได้ตั้งนี้ว่ากระแสที่เอชดีของวงจรเครื่องปรับอากาศโดยรวมมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้ความเพี้ยนของกระแสมีความผิดเพี้ยนมากขึ้น

จากรูป 3.8(ข) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจร ส่องสว่างซึ่งสามารถเห็นได้ตั้งนี้ว่ากระแสที่เอชดีของวงจรส่องสว่างโดยรวมมีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดสำหรับการชาร์จของยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 แต่กระแสที่เอชดีของการชาร์จคันที่ 2 มีช่วงการเปลี่ยนใกล้เคียงกับตอนไม่มีโหลดยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างทางคุณภาพของอะแดปเตอร์ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า

จากรูป 3.8(ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจร เตารีดซึ่งสามารถเห็นได้ตั้งนี้ว่ากระแสที่เอชดีของวงจรเตารีดนั้นจะเห็นได้ตั้งรูปว่าผลที่เกิดจากกระแสที่เอชดี ช่วงเวลาประมาณ 06:30น ถึง 09:00น กับวงจรเตารีดนั้นมีผลไม่สอดคล้องกับผลของกระแสที่เอชดี กับวงจร แอร์ปรับอากาศและส่องสว่างข้างต้น ซึ่งเห็นได้ชัดว่ากรณีไม่มีโหลดนั้นมีการที่เอชดี ที่มากกว่า กรณีมีโหลดยานยนต์ไฟฟ้า

3.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เนื่องจากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่จำหน่ายในประเทศไทยมีราคาที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันเพียงเล็กน้อย ทางผู้จัดทำเลยทำการหาจุดคุ้มทุนว่าจะต้องขับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ากี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มกว่าการซื้อรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน โดยจะนำรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันทั้งหมด 2 รุ่นมาเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า คือ Honda Wave 110i และ Yamaha FINN โดยแสดงการเปรียบเทียบสเปคของรถจักรยานยนต์แต่ละคันดังแสดงในตารางที่ 3.3 ในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถจักรยานยนต์เพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน							
ประเภทรถ	รุ่นรถจักรยานยนต์	ราคา (Baht)	ความจุแบตเตอรี่ (kWh)	ระยะทางสูงสุด (km)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (km/L)	ค่าไฟบ้าน (Baht/kWh)	ค่าน้ำมัน G95 (Baht/L)
รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (EV)	Deco Hannah	42,900	1.20	65	-	4.2	-
	Yadea C-Like	43,900	1.44	80	-	4.2	-
	SWAG Type X	65,900	1.56	70	-	4.2	-
รถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน (ICE)	Honda Wave 110i	36,900	-	-	47	-	27.35
	Yamaha FINN	40,900	-	-	88	-	27.35

ตารางที่ 3.3 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของจักรยานยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน

ก่อนการคำนวณจุดคุ้มทุนจะต้องคำนวณค่าใช้จ่ายของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน ซึ่งเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

สมการคำนวณค่าใช้จ่ายรถยนต์ไฟฟ้า (EV)

$$\text{ค่าใช้จ่ายรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า} = \frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ} \times \text{ระยะทางที่ขับ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} + \text{ราคารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า} \quad (1)$$

สมการคำนวณค่าใช้จ่ายรถยนต์สันดาปภายใน (ICE)

$$\text{ค่าใช้จ่ายรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน} = \frac{\text{ราคาน้ำมัน} \times \text{ระยะทางที่ขับ}}{\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง}} + \text{ราคารถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน} \quad (2)$$

ซึ่งการคำนวณจุดคุ้มทุนสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกัน ดังนี้

1) การคำนวณจุดคุ้มทุนจากการเทียบสมการ

วิธีนี้จะเทียบให้สมการที่ (1) เท่ากับสมการที่ (2) จะได้สมการหลังจัดรูปดังนี้

$$\text{ระยะทางที่ขับ} = \frac{\text{ราคารถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน} - \text{ราคารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า}}{\frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} - \frac{\text{ราคาน้ำมัน}}{\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง}}}$$

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นหน่วยกิโลเมตร และสามารถบอกเราได้ว่าจะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดกี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มค่ากับการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) พล็อตกราฟใน MATLAB เพื่อหาจุดตัดของกราฟ

โดยจะนำสมการที่ (1) และ (2) ไปใช้ในการพล็อตกราฟใน MATLAB เพื่อหาจุดตัดของกราฟของรถยนต์ไฟฟ้า และรถยนต์สันดาปภายใน

จุดคุ้มทุน (กิโลเมตร)			
EV \ ICE	Deco Hannah	Yadea C-Like	SWAG Type X
Honda Wave 110i	11,896	13,825	59,388
Yamaha FINN	8,574	12,755	115,104

ตารางที่ 3.4 ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร

จากตารางที่ 3.4 จะแสดงจุดคุ้มทุนโดยการเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าหากซื้อรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่าง Deco Hannah แทนรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันอย่าง Yamaha FINN จะต้องขับที่ Deco Hannah อย่างน้อย 8,574 กิโลเมตร ถึงจะคุ้มค่ากว่าการใช้รถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันอย่าง Yamaha FINN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 สรุปผลที่ได้รับจากการบันทึกผล

จากการศึกษาการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า พบว่า มีผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยกัน 3 อย่าง ได้แก่

- 1) ในระหว่างชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 1 และคันที่ 2 ในแบบจำลองโหลดวันธรรมดาและแบบจำลองโหลดวันหยุดพบว่ากระแสที่เอชดีในวงจรตัวรับมีค่าสูงกว่าแบบที่ไม่มีชาร์จมอเตอร์ไฟฟ้า ทั้งนี้สามารถสังเกตได้อีกว่า ในระหว่างชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีกระแสที่เอชดี มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 1 อย่างเป็นนัยสำคัญ (รูปที่ 3.5(ค), 3.8(ค))
- 2) เกิดกระแสที่เอชดีที่วงจรแอร์ปรับอากาศขณะชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในแบบจำลองวันหยุด มีค่าสูงขึ้นซึ่งอาจเกิดมาจากการใช้งานโหลดเชิงเส้นที่น้อยลงกว่าแบบจำลองโหลดธรรมดา (รูปที่ 3.8(ก))
- 3) กำลังไฟรีแอคทีฟไฟฟ้ามักขึ้นในวงจรตัวรับ+มอเตอร์ไฟฟ้าทั้งในแบบจำลองโหลดวันธรรมดา และแบบจำลองโหลดวันหยุดโดยมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีค่ากำลังไฟรีแอคทีฟมากกว่าคันที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 3.4(ค), 3.7(ค))



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ทางผู้จัดทำได้แบ่งการบันทึกผลการชาร์จออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ การบันทึกผลการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า, การบันทึกผลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32 A และการบันทึกผลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วย Portable Charger 16 A ซึ่งทางผู้จัดทำจะเน้นการศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จ โดยการนำกราฟที่ได้จากการบันทึกผลจาก Power Quality Meter มาทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น

4.1 วิธีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้า

ทำการทดสอบโดยการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าที่จุดต่างๆของระบบ เปรียบเทียบกันระหว่างตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละแบบ โดยแบ่งเป็นตู้ชาร์จแบบยัดอยู่กับที่ (7.2kW) จำนวน 3 ตู้ และ ตู้ชาร์จแบบพกพา (3.6kW) จำนวน 2 ตู้ ซึ่งจะมีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 รุ่น คือ 1) MG ZS EV 2) BMW i3 3) Hyundai IONIQ EV

4.1.1 ชนิดของตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

4.1.1.1 ตู้ชาร์จแบบยัดอยู่กับที่ ตู้ที่ 1



ยี่ห้อ : Minglang Smart

รุ่น : ML-AC22032AM

7kW AC EV Charger

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.1.2 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ ตู้ที่ 2



ยี่ห้อ: Plugood

รุ่น : C0208

7kW AC EV Charger

(ข)

4.1.1.3 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ ตู้ที่ 3



ยี่ห้อ : HTYITONG/Hengtai Yitong

รุ่น : HTYT-CDZ01-AC-32-GB

7kW/220V AC EV Charger

(ค)

รูปที่ 4.1 ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ 32 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.1.4 ตู้ชาร์จแบบพกพา ตู้ที่1



ยี่ห้อ : EVGT

3.5kW AC EV Charger

快速
发货

送货
上门

七天无理由
退换货

(ก)

4.1.1.5 ตู้ชาร์จแบบพกพา ตู้ที่2



ยี่ห้อ : 乔亦

รุ่น : M3

3.3kW AC EV Charger

(ข)

รูปที่ 4.2 ตู้ชาร์จแบบพกพา 16 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 ยี่ห้อและรุ่นรถยนต์ไฟฟ้า

4.1.2.1 MG ZS EV



รูปที่ 4.3 ยานยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV

ประเภทแบตเตอรี่ : Lithium - ion Battery

ความจุแบตเตอรี่ : 44.5 kWh

ระยะทางวิ่งสูงสุด: 337 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2.2 BMW i3



รูปที่ 4.4 ยานยนต์ไฟฟ้า BMW i3

ประเภทแบตเตอรี่ : Lithium - ion Battery

ความจุแบตเตอรี่ : 34.1 kWh

ระยะทางวิ่งสูงสุด: 270 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2.3 Hyundai IONIQ Electric



รูปที่ 4.5 ยานยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ Electric

ประเภทแบตเตอรี่ : Lithium-Ion Polymer

ความจุแบตเตอรี่ : 28 kWh

ระยะทางวิ่งสูงสุด: 280 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

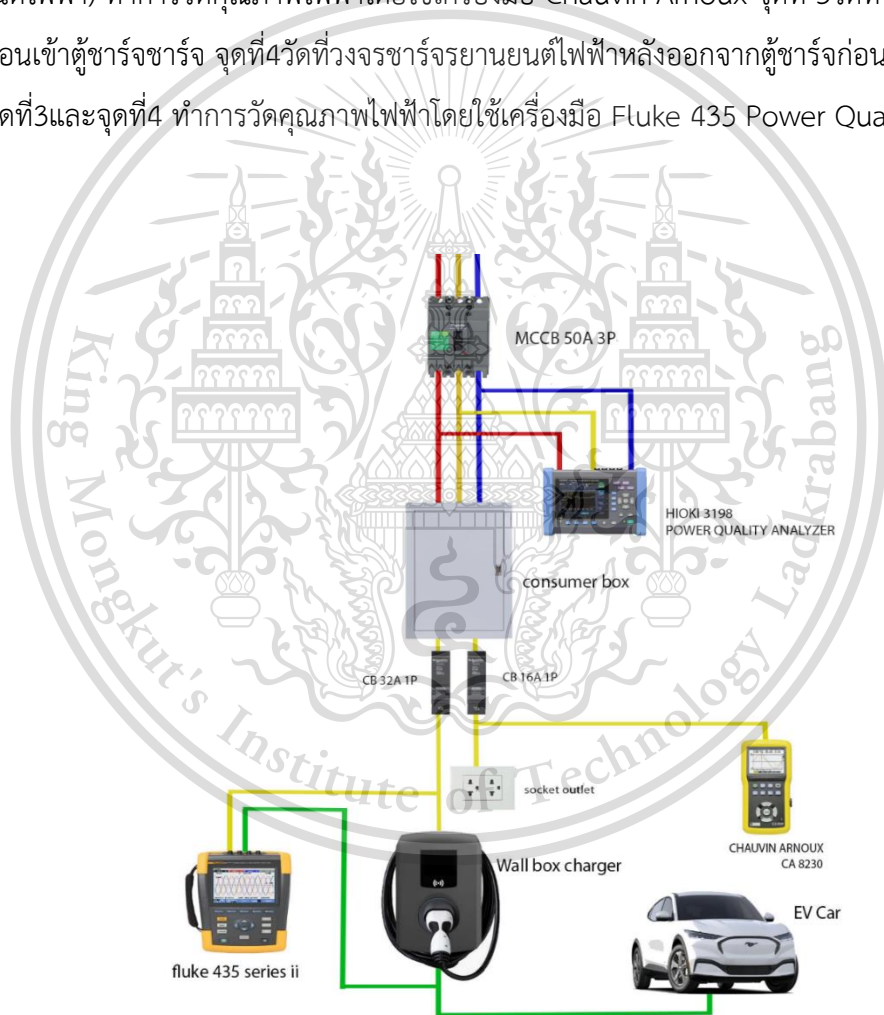
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.3 ออกแบบวงจรทดสอบ

4.1.3.1 วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ (Wall Box)

ออกแบบวงจรทดสอบ โดยต่อตู้ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าไว้ในเฟสที่3ของระบบ และทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมด 4 จุด จุดแรกวัดที่ main circuit breaker ขนาด 50 A 3 phase ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 จุดที่2วัดที่วงจรเต้ารับที่อยู่ในเฟสที่3(เฟสเดียวกับตู้ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า) ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Chauvin Arnoux จุดที่ 3วัดที่วงจรชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าก่อนเข้าตู้ชาร์จจุดที่4วัดที่วงจรชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าหลังจากออกจากตู้ชาร์จก่อนเข้ายานยนต์ไฟฟ้า โดยจุดที่3และจุดที่4 ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Fluke 435 Power Quality Analyzer



รูปที่ 4.6 วันไลน์ไดอาร์แกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Wall Box

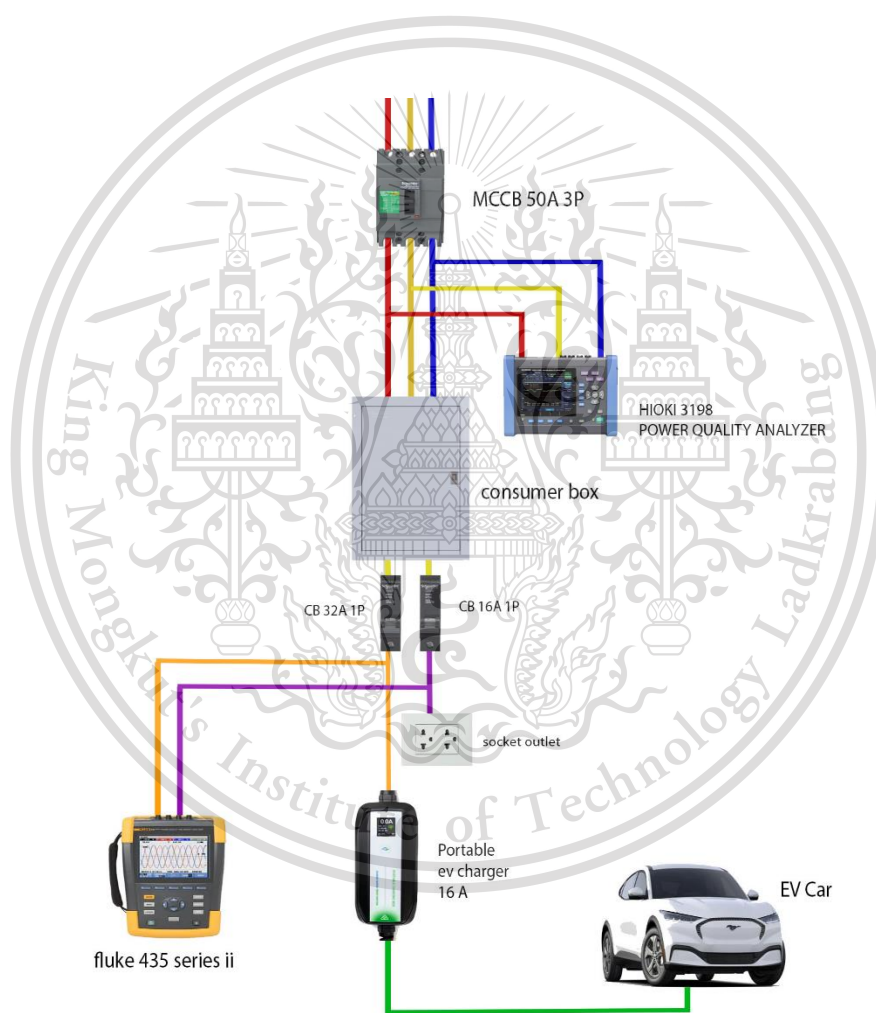
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.3.2 วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบพกพา (Portable)

ออกแบบวงจรทดสอบ โดยต่อตู้ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าไว้ในเฟสที่3ของระบบ และทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมด 3 จุด จุดแรกวัดที่ main circuit breaker ขนาด 50 A 3 phase ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 จุดที่2วัดที่วงจรตัวรับที่อยู่ในเฟสที่3(เฟสเดียวกับตู้ชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า) จุดที่3วัดที่วงจรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าก่อนเข้าตู้ชาร์จ โดยจุดที่2และจุดที่3 ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Fluke 435 Power Quality Analyzer



รูปที่ 4.7 วันไลน์ไดอาร์แกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Portable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 การบันทึกผลการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า

1). การบันทึกผลการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32 A

การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจะทำการดึงไฟจากตึกภาควิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งทำการติดตั้ง Power Quality Meter ที่ 3 วงจร ได้แก่ 1) วงจร Main Circuit Breaker ของตัวตึก โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 2) วงจรเต้ารับที่อยู่เฟสเดียวกับเฟสที่ใช้ในการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า Chauvin Arnoux CA8230 3) วงจรอินพุตและเอาต์พุตของเครื่องชาร์จ Wall Box 32 A โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า Fluke 435 Power Quality Analyzer โดยรูปการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรได้ถูกแสดงในรูปจากบทที่ 4.1.3.1

โดยการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะประกอบด้วยยานยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 คัน ได้แก่ 1) MG ZS EV 2) BMW i3s 3) Hyundai IONIQ ซึ่งแต่ละคันจะถูกทดสอบการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ทั้งหมด 3 เครื่องชาร์จด้วยกัน ได้แก่ 1) Minglang Smart ซึ่งทางผู้จัดทำจะแทนด้วยชื่อ Box 1

2) Plugood ซึ่งทางผู้จัดทำจะแทนด้วยชื่อ Box 2

3) Hengtai Yitong ซึ่งทางผู้จัดทำจะแทนด้วยชื่อ Box 3

2). การบันทึกผลการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าด้วย Portable 16 A

การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจะทำการดึงไฟจากตึกภาควิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งทำการติดตั้ง Power Quality Meter ที่ 3 วงจร ได้แก่ วงจร Main Circuit Breaker ของตัวตึก โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า HIOKI Power Quality Analyzer PW3198, วงจรเต้ารับที่อยู่เฟสเดียวกับเฟสที่ใช้ในการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าและวงจรอินพุตของเครื่องชาร์จ Portable Charger 16 A ซึ่งทั้ง 2 วงจรจะใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า Fluke 435 Power Quality Analyzer โดยรูปการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรได้ถูกแสดงในรูปที่ 4.1.3.2

โดยการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจะประกอบด้วยยานยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 2 คัน ได้แก่ MG ZS EV และ Hyundai IONIQ ซึ่งแต่ละคันจะถูกทดสอบการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ทั้งหมด 2 เครื่องชาร์จด้วยกัน ได้แก่

1) EVGT ซึ่งทางผู้จัดทำจะแทนด้วยชื่อ Portable 1

2) 乔亦 (Qiáo yì) ซึ่งทางผู้จัดทำจะแทนด้วยชื่อ Portable 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

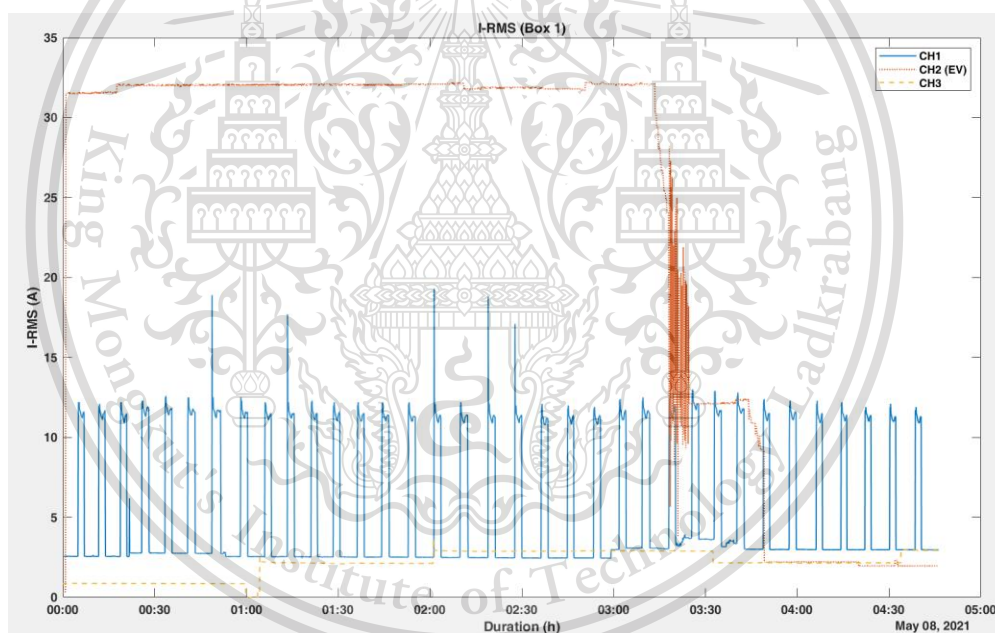
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยเราจะนำเสนอหัวข้อย่อยเป็นพารามิเตอร์ที่เราให้การสนใจเป็น 7 พารามิเตอร์ด้วยกัน ได้แก่ กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker, กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker, กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุต, กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุต, แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรเต้ารับ, กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรเต้ารับ และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรเต้ารับ

4.2.1 ยานยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV

การบันทึกผลการชาร์จ MG ZS EV ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32 A

4.2.1.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker

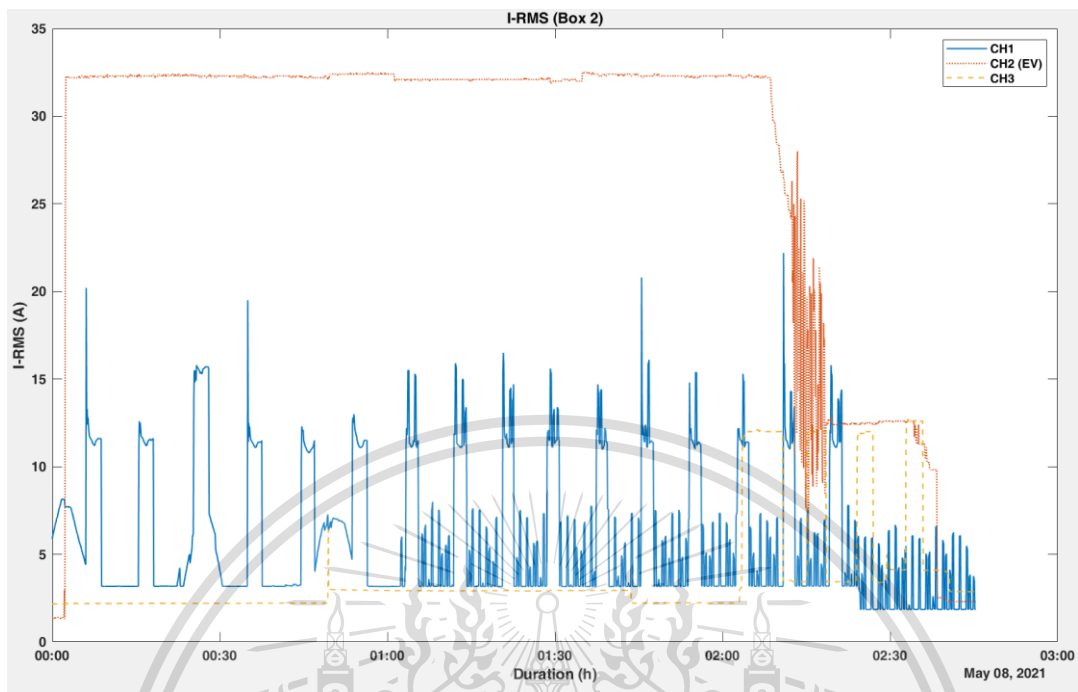


(ก) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

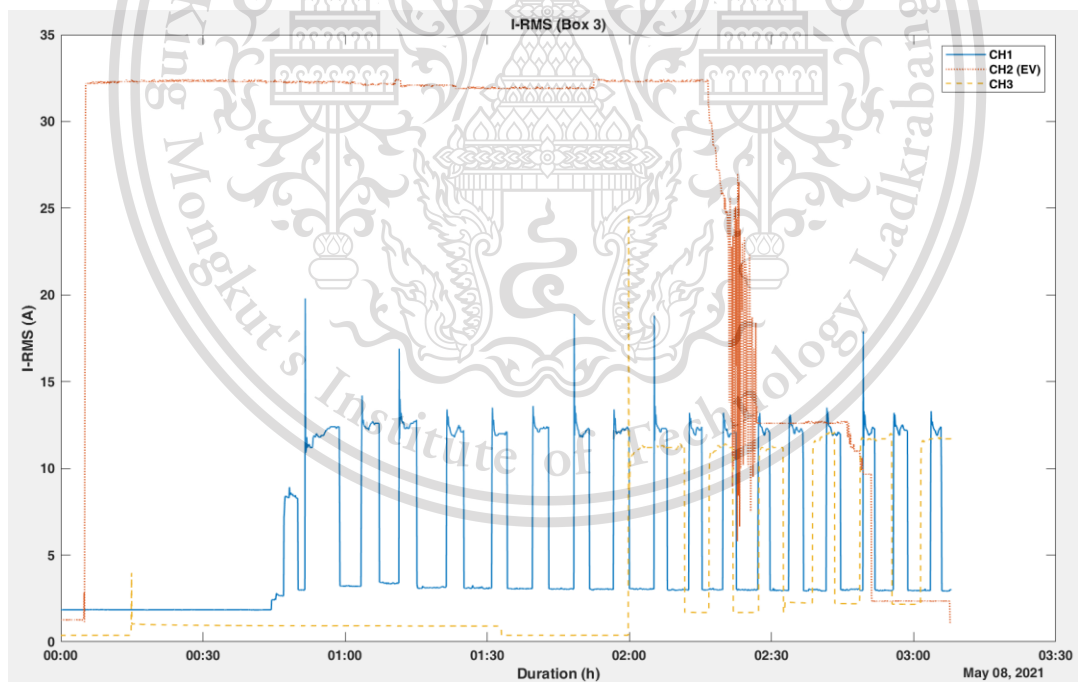
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker

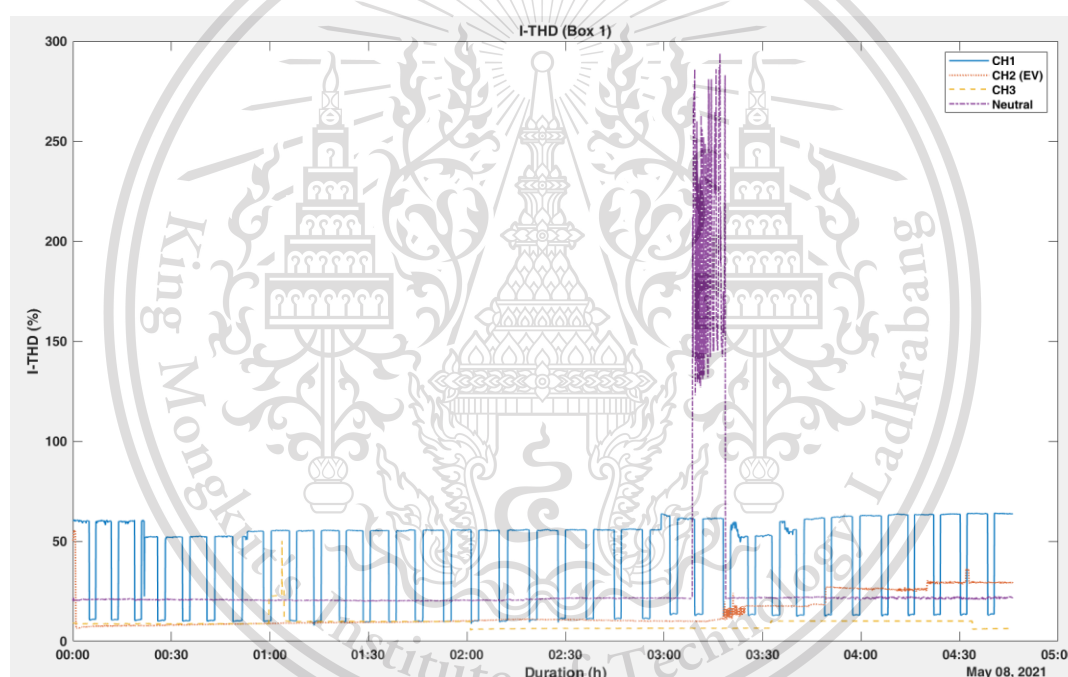
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 4.8(ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ใน CH1 ตู้ที่ 1,2,3 ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่ากระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอมเอสที่คงที่ ประมาณ 32 A จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเข้าสู่ช่วง Switching เพื่อลดกระแสประมาณ 12 A จะเห็นการ Switching ได้ใน รูปที่ 4.8(ก) ในช่วงเวลา 03:15-03:25 4.8(ข) ในช่วงเวลา 02:10-02:20 4.8(ค) ในช่วงเวลา 02:20-02:25

4.2.1.2 กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker

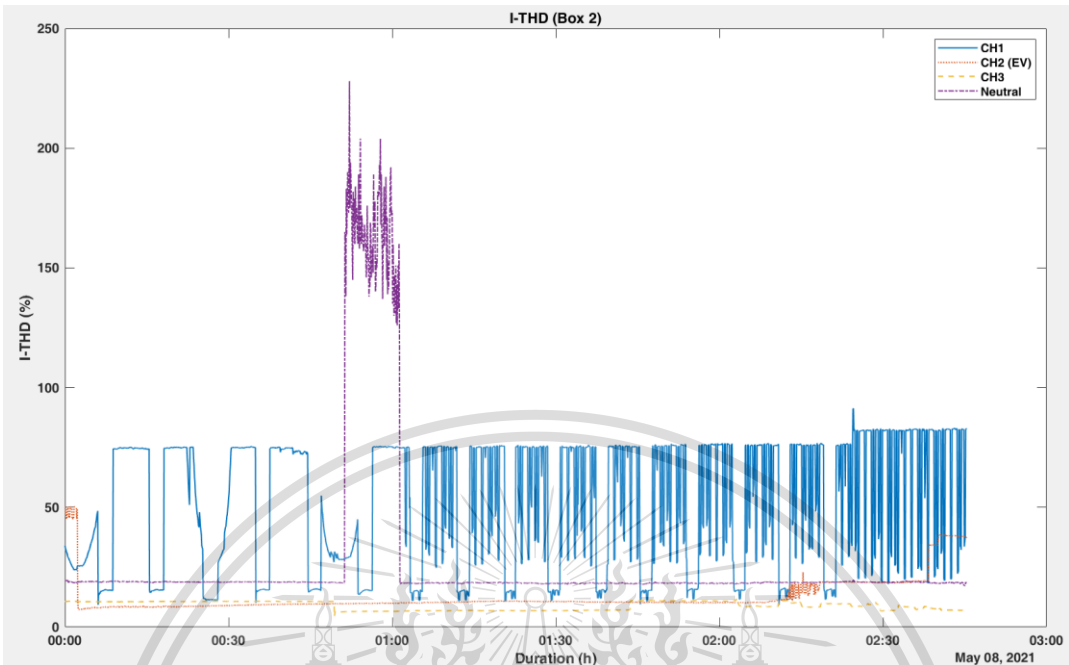


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

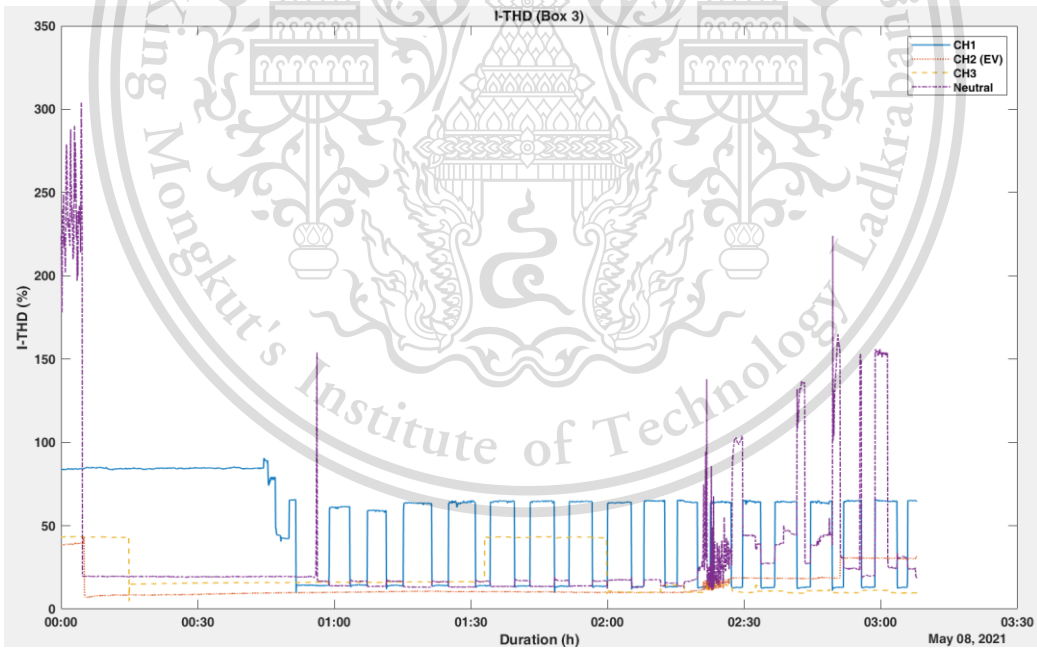
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 4.9(ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker ใน CH1 จะพบว่ามีค่าสอดคล้องกับการเปรียบเทียบกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ใน CH1 ตู้ที่ 1,2,3 ที่กล่าวมาข้างต้นดังนี้ ในช่วงที่กระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอมเอสที่คงที่ ประมาณ 32 A นั้นจะส่งผลในค่ากระแสที่เอชดี ของในรูป 4.9(ก) (ข) (ค) มีค่าคงที่ประมาณ 10% ที่จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเข้าสู่ช่วง Switching เพื่อลดกระแสประมาณ 12 A จะเห็นการ Switching ได้ใน รูปที่ 4.8(ก) ในช่วงเวลา 03:15-03:25 4.8(ข) ในช่วงเวลา 02:10-02:20 4.8(ค) ในช่วงเวลา 02:20-02:25 ส่งผลให้มีการ Switching ของกระแสที่เอชดีในช่วงเดียวกันของแต่ละ Wall Box แล้วปรับตัวของกระแสที่เอชดีสูงขึ้น สวนทางกับค่ากระแสอาร์เอมเอส

จากรูป 4.9(ก) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker ใน CH Neutral ในช่วง 03:10-03:20 มีการ Switching ของกระแสที่เอชดีสูงขึ้นถึง ประมาณ 290% กระแสที่เอชดี

จากรูป 4.9(ข) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker ใน CH Neutral ในช่วง 00:50-01:00 มีการ Switching ของกระแสที่เอชดีสูงขึ้นถึง ประมาณ 230% กระแสที่เอชดี

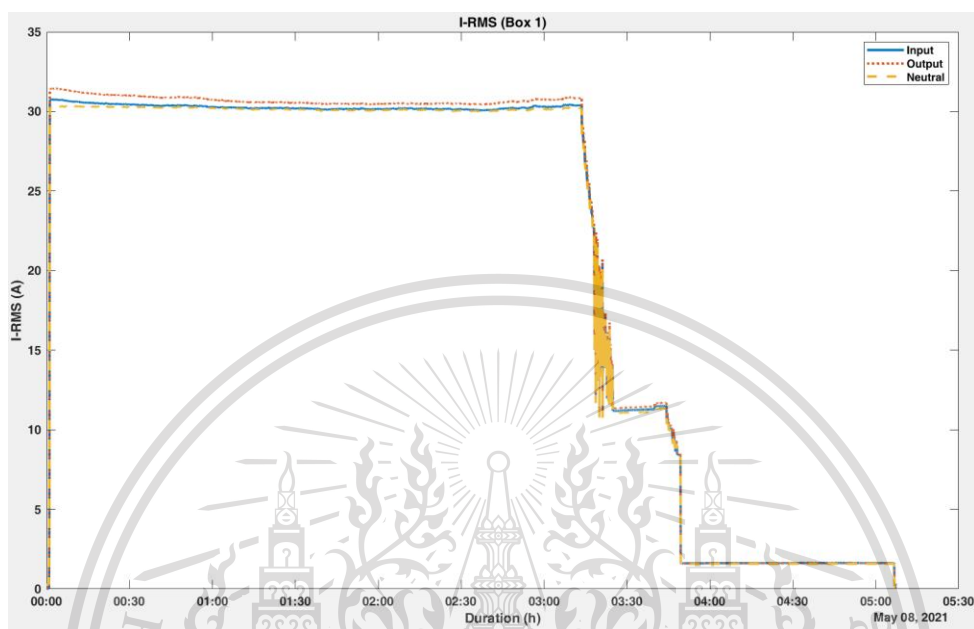
จากรูป 4.9(ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker ใน CH Neutral มีช่วงการ Switching แบ่งออกเป็นหลายช่วงดังนี้ 00:00-00:05, 00:55 และ 02:20-03:00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

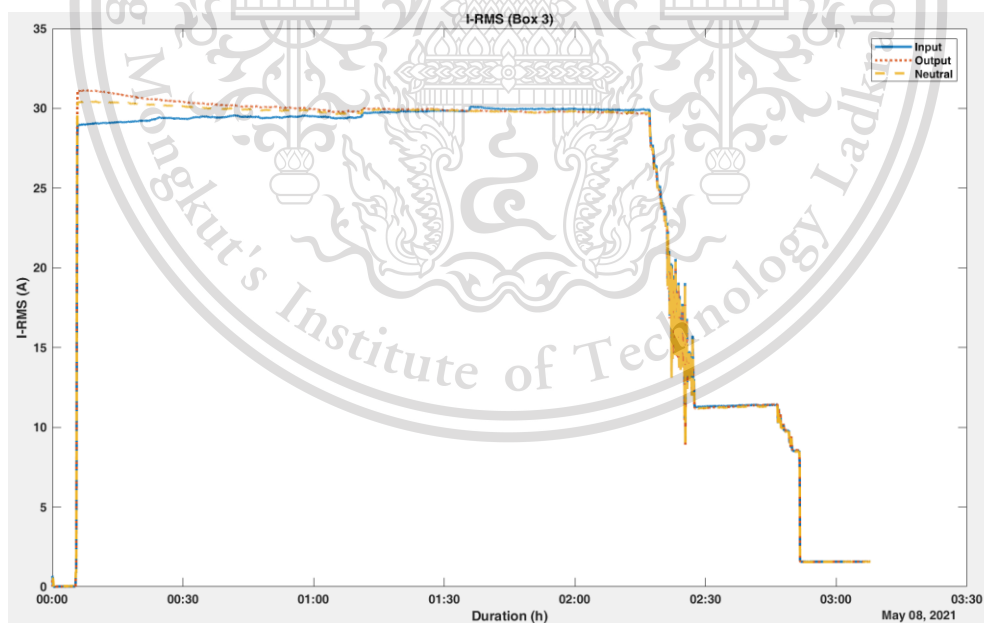
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.3 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

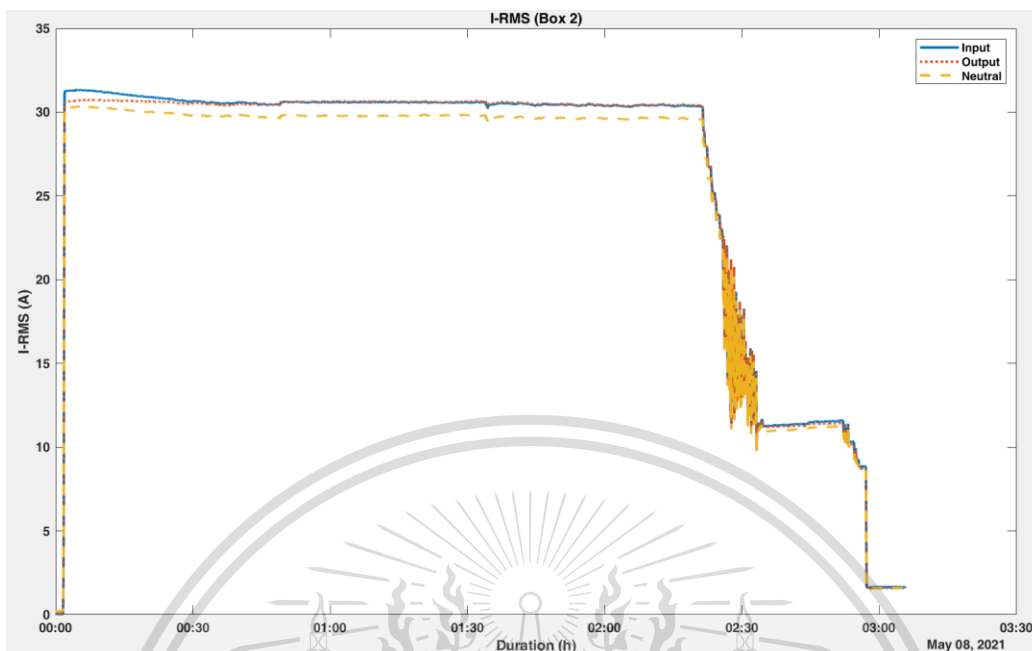


(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

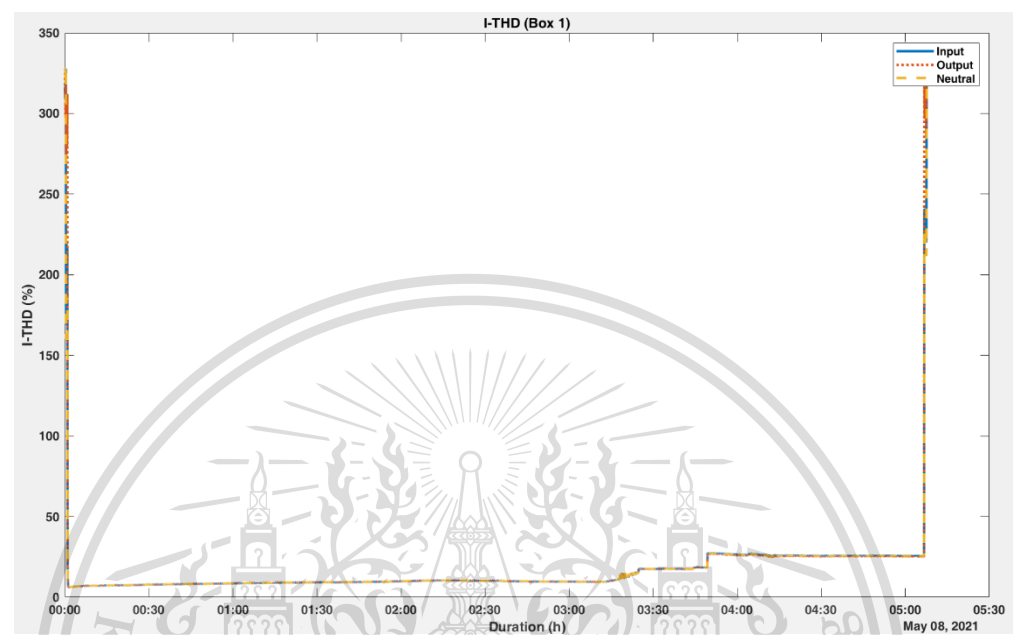
จากรูป 4.10 (ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ในทั้งสาม CH Input Output Neutral มีพฤติกรรมที่คล้ายกันและสอดคล้องกับพฤติกรรม กระแสอาร์เอ็มเอสในรูปที่ 4.8 (ก) (ข) (ค) ตู้ที่ 1,2,3 ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่ากระแสอาร์เอ็มเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอ็มเอสที่คงที่ ประมาณ 30 A จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเข้าสู่ช่วง Switching เพื่อลดกระแสประมาณ 12 A จะเห็นการ Switching ได้ใน รูปที่ 4.8(ก) ในช่วงเวลา 03:15-03:25 4.8 (ข) ในช่วงเวลา 02:10-02:20 4.8(ค) ในช่วงเวลา 02:20-02:25 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกันของ รูปที่ 4.10 (ก) (ข) (ค) มีการ Switching ปรับลดลงของกระแสอาร์เอ็มเอสเมื่อยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

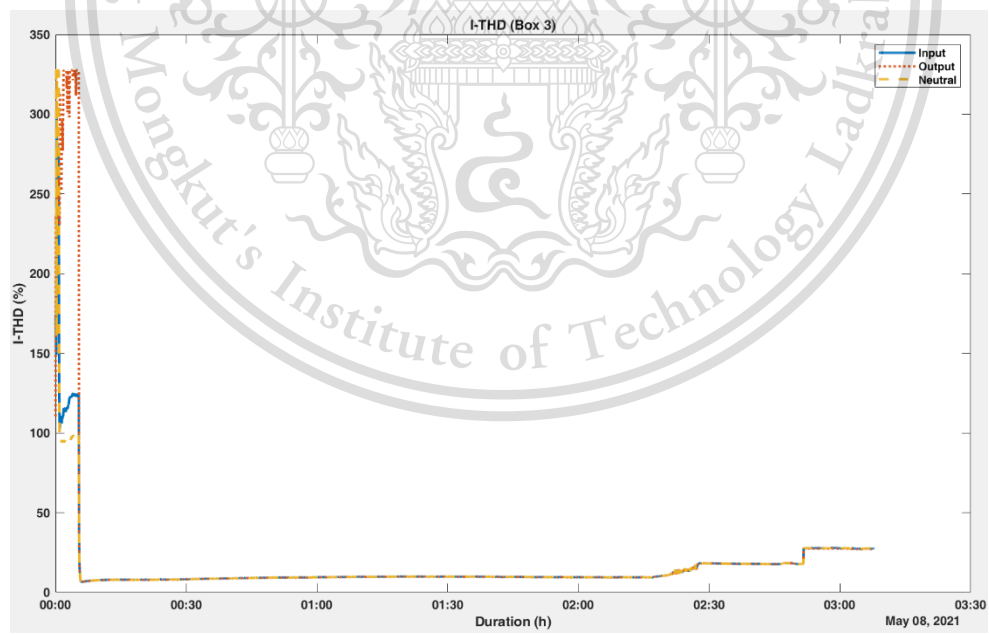
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.4 กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต



(ก) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

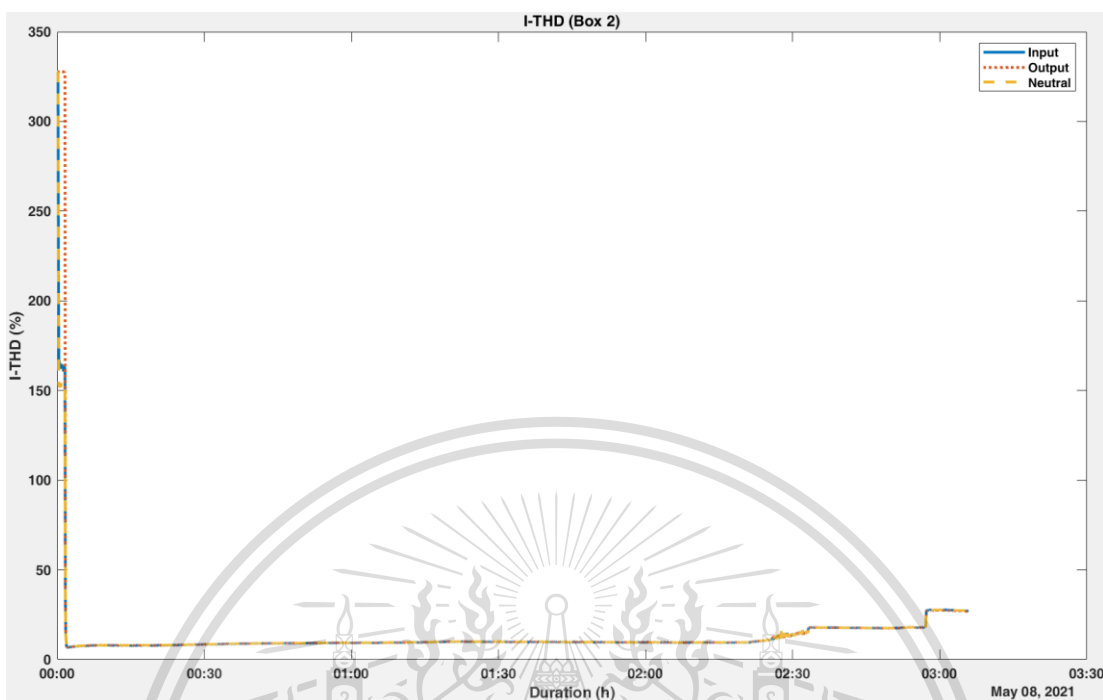


(ข) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

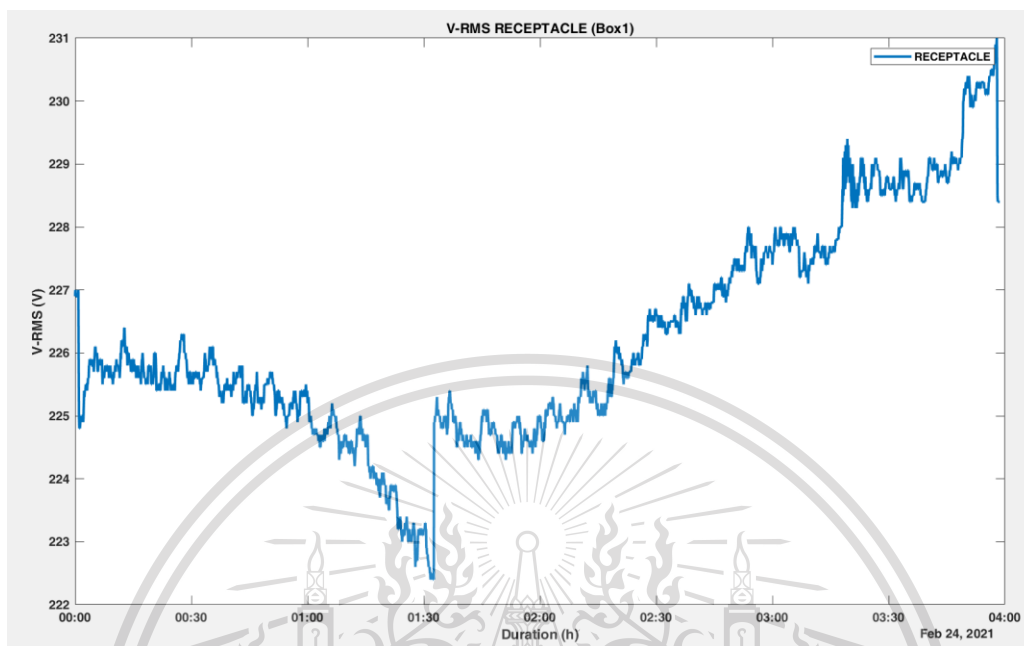
จากรูป 4.11 (ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสทีเอชดี ในทั้งสาม CH Input Output Neutral จะพบว่ามีค่าสอดคล้องกับการเปรียบเทียบกระแสทีเอชดีในรูปที่ 4.9 ที่กล่าวมาข้างต้นดังนี้ ในช่วงที่กระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอมเอสที่คงที่ ประมาณ 32 A นั้นจะส่งผลในค่ากระแสทีเอชดี ของในรูป 4.11(ก) (ข) (ค) มีค่าคงที่ประมาณ 10% ที่จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเข้าสู่ช่วง Switching เพื่อลดกระแสประมาณ 12 A จะเห็นการ Switching ได้ใน รูปที่ 4.11(ก) ในช่วงเวลา 03:15-03:25 4.11(ข) ในช่วงเวลา 02:10-02:20 4.11(ค) ในช่วงเวลา 02:20-02:25 ส่งผลให้มีการ Switching ของกระแสทีเอชดีในช่วงเดียวกันของแต่ละ Wall Box แล้วปรับตัวของกระแสทีเอชดีสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

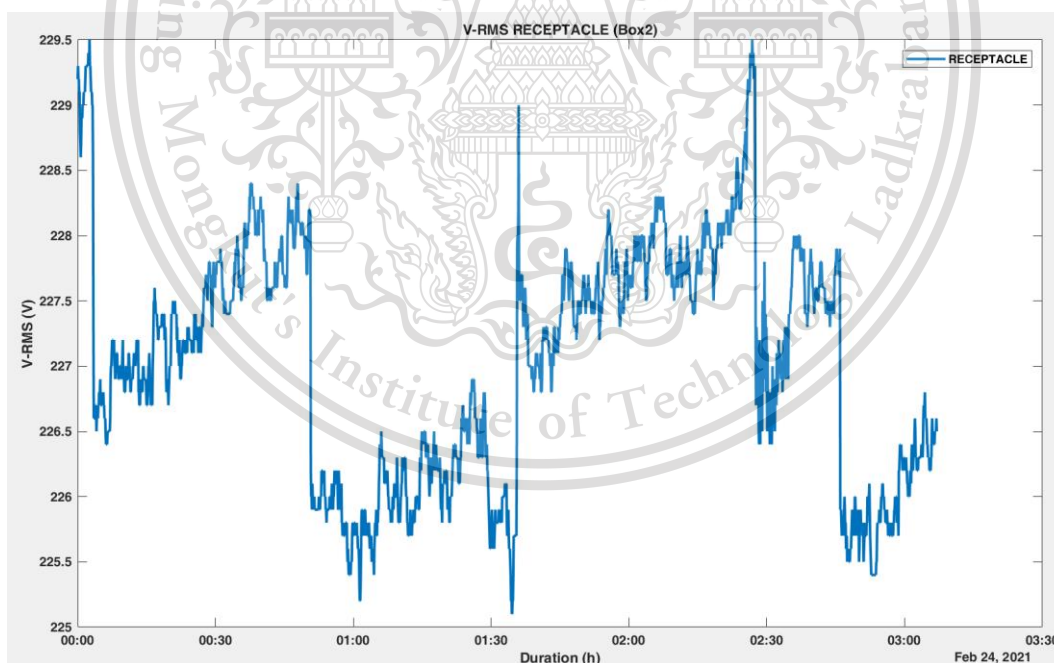
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.5 แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรได้รับ



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

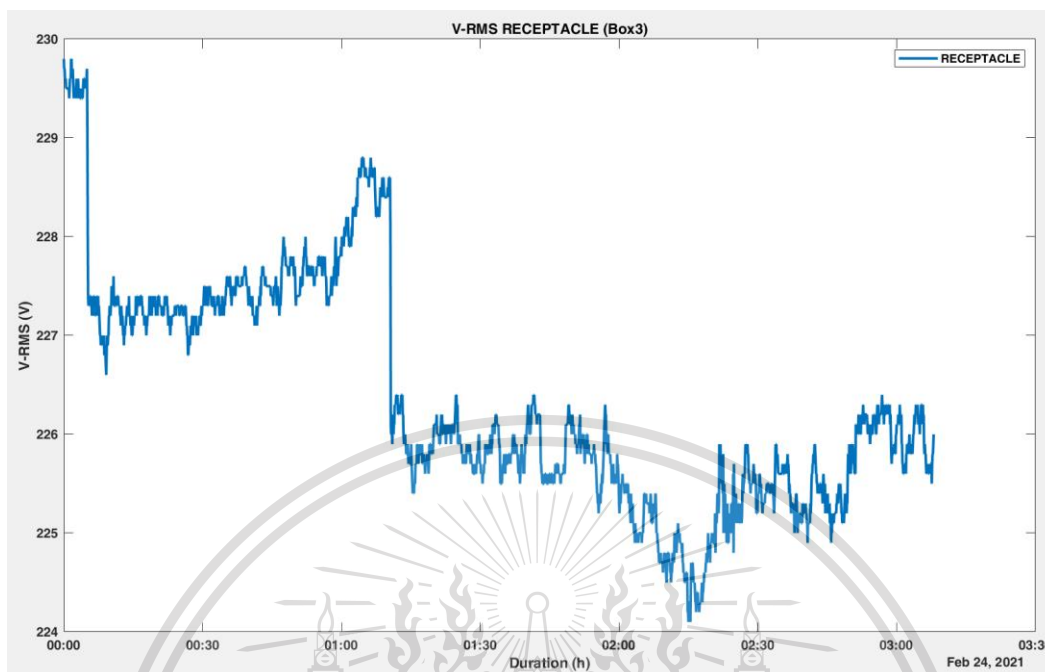


(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรเต้ารับ
สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

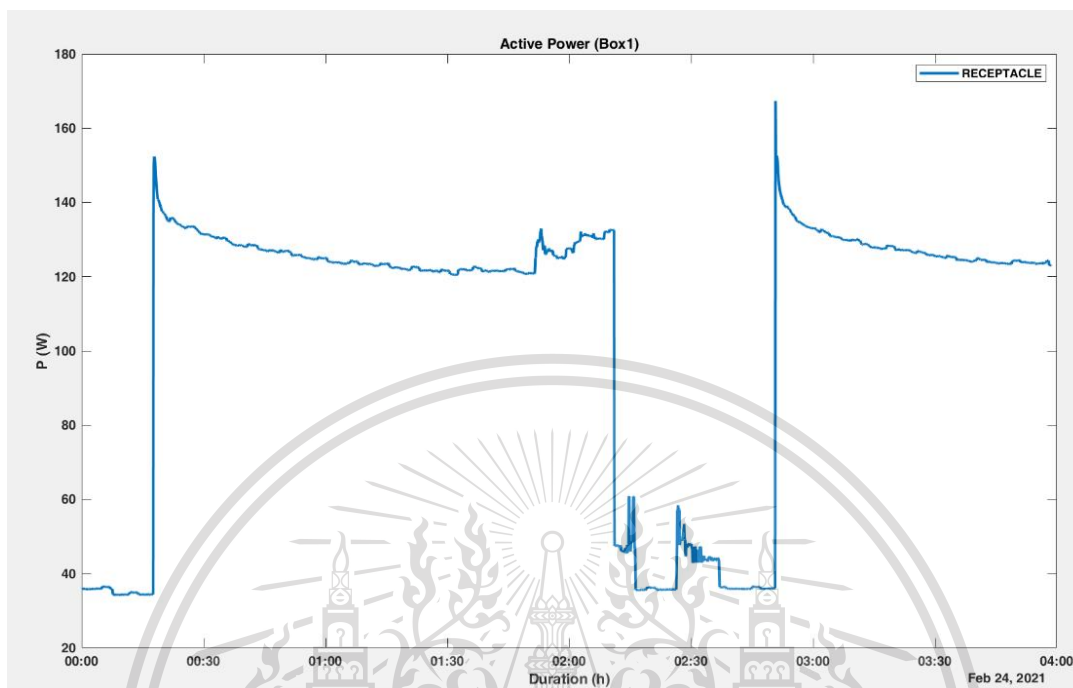
จากรูปที่ 4.12 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสมีการสวิงของแรงดันอยู่ในช่วง 222V ถึง 230V ซึ่งจะเห็นว่าทั้งสามกราฟมีการดรอปของแรงดันอาร์เอ็มเอส (Voltage Drop) ไม่เกิน 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

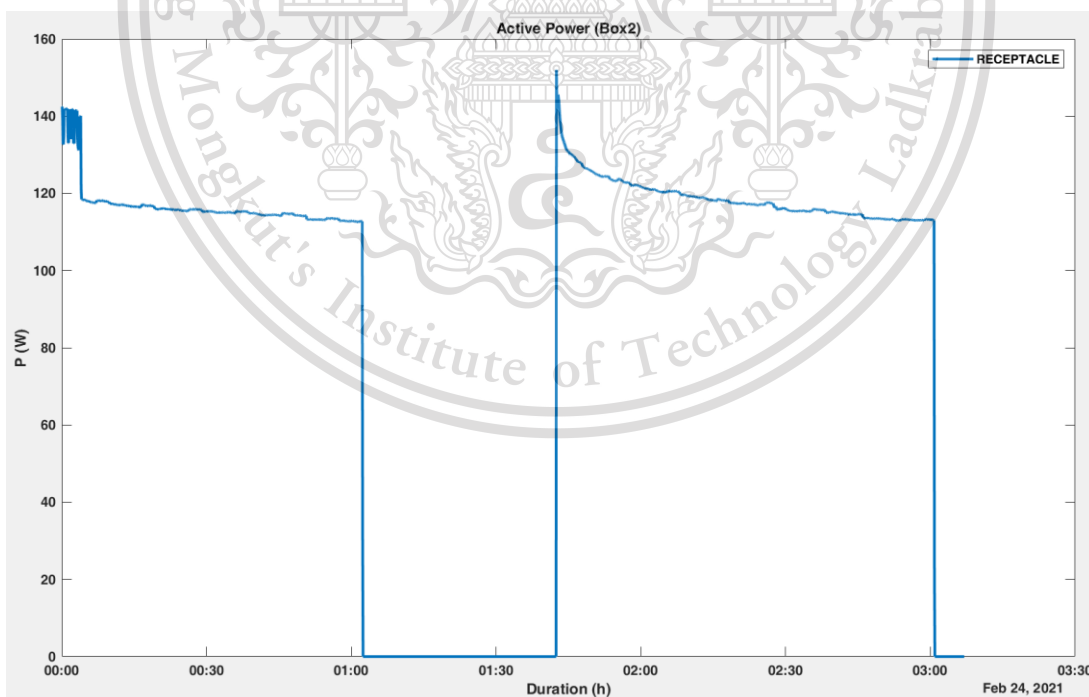
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.6 กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรได้รับ



(ก) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

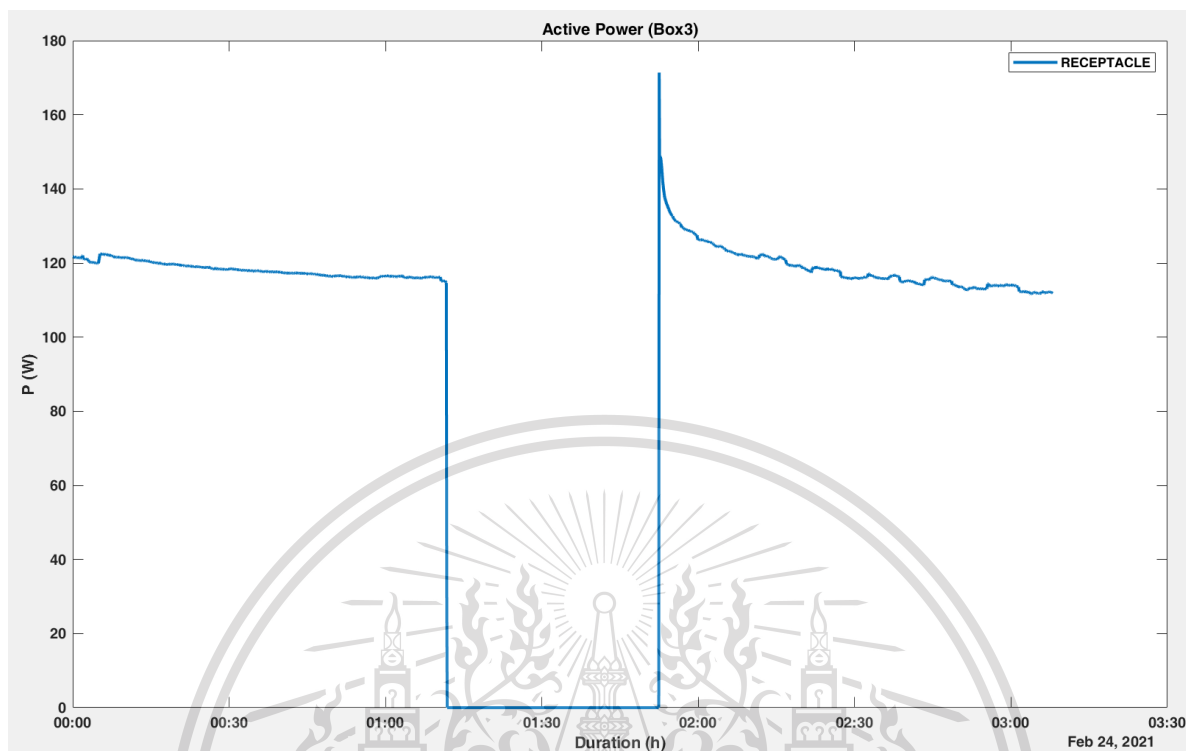


(ข) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรได้รับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

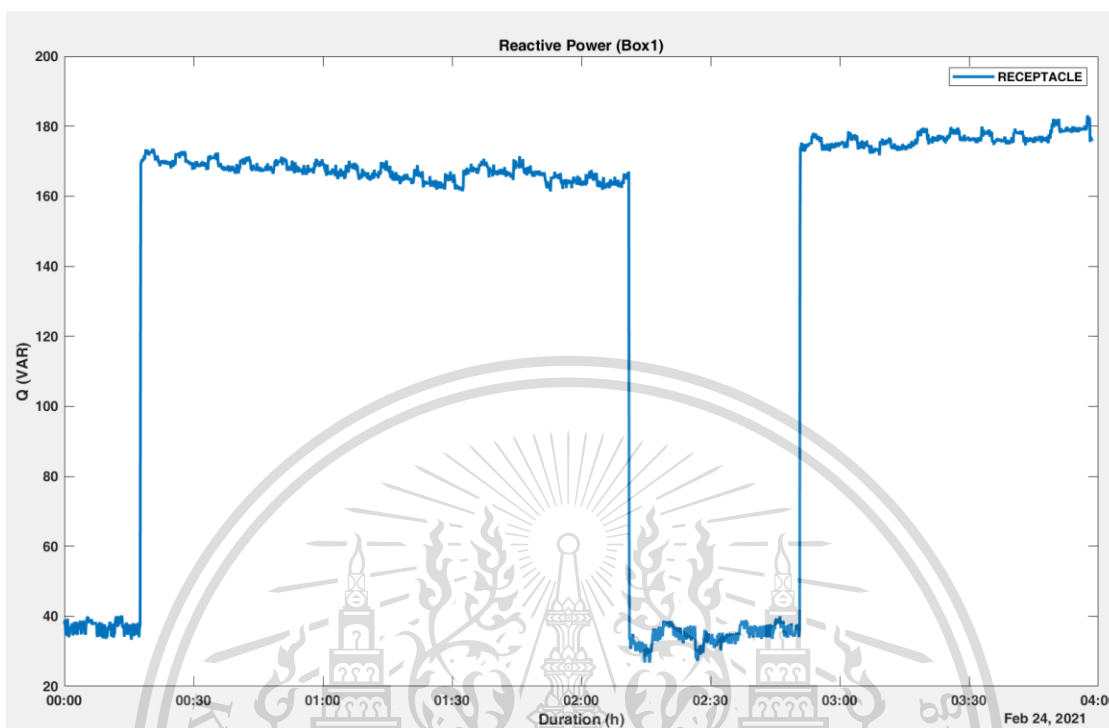
จากรูป 4.28 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟของกำลังไฟฟ้าจริงจะมีการลดลงของกำลังไฟฟ้าจริงเป็นลักษณะคล้าย Square Wave ส่วนในรูป 4.28 (ก) จะมีการ Switching ในช่วงต่ำสุดของกำลังไฟฟ้าจริง นอกจากนี้ทั้งสามรูปมี Surge ของกราฟในช่วงที่มีการเพิ่มของกำลังไฟฟ้าจริงจากช่วงที่มีการลดตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

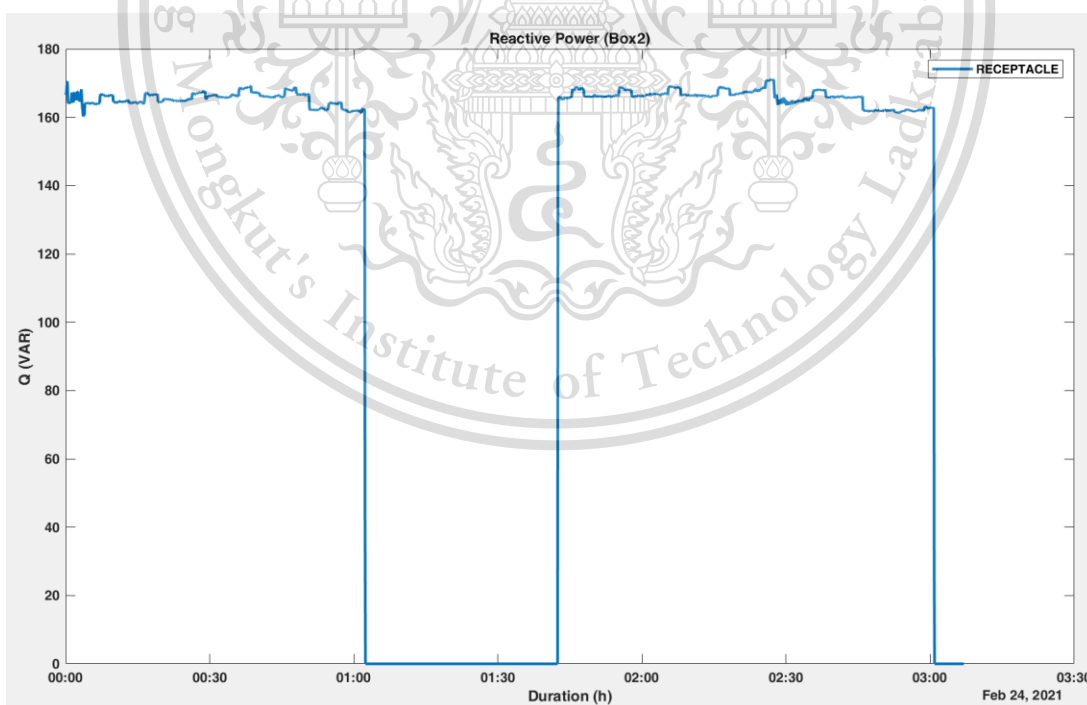
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.7 กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรได้รับ



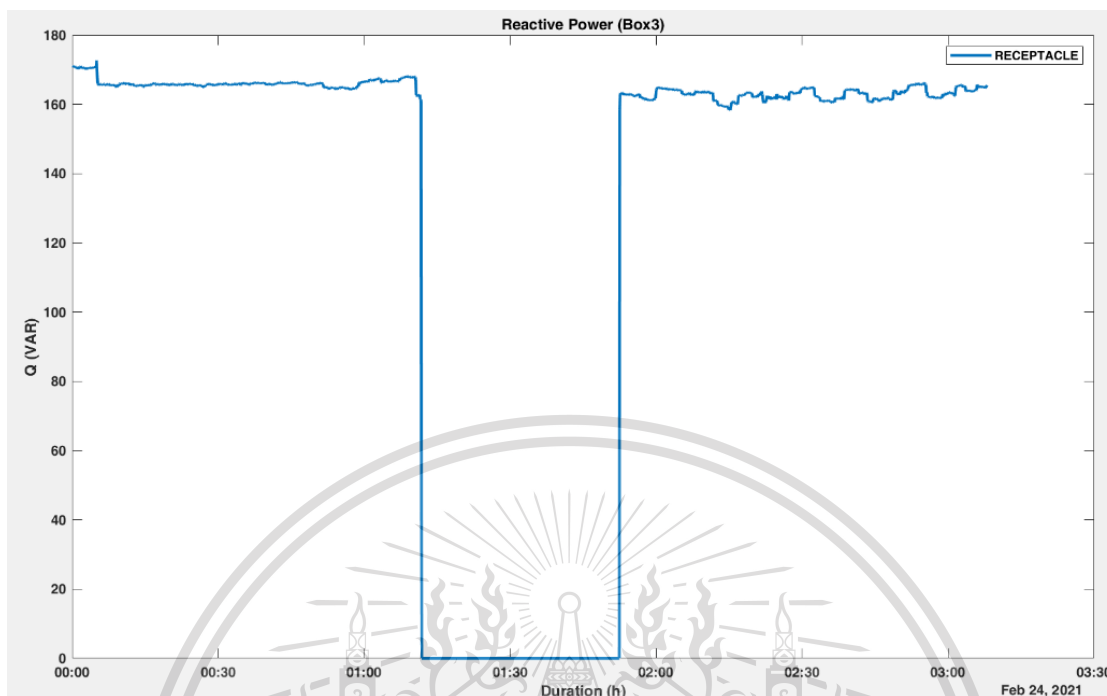
(ก) กราฟกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ข) กราฟกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ค) กราฟกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ ที่วงจรเต้ารับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

จากรูปที่ 4.14 (ก) กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟในช่วง 00:00 – 00:20 มีค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ อยู่ที่ประมาณ 40 VAR และมีการปรับตัวสูงขึ้นที่ 170 VAR ในช่วง 00:20-02:10 มีลักษณะเป็น Square Wave และปรับตัวลดลงมาที่ ประมาณ 40 VAR ในช่วง 02:10-02:50 หลังจากนั้นมีการปรับตัวสูงขึ้นจนถึง 04:00

จากรูปที่ 4.14 (ข) กราฟกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟเป็นกราฟแบบ Square Wave มีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 165 VAR และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 VAR โดยค่าต่ำสุดอยู่ในช่วง 01:02-01:42

จากรูปที่ 4.14 (ค) กราฟกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟเป็นกราฟแบบ Square Wave มีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 165 VAR และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0 VAR โดยค่าต่ำสุดอยู่ในช่วง 01:13-01:50

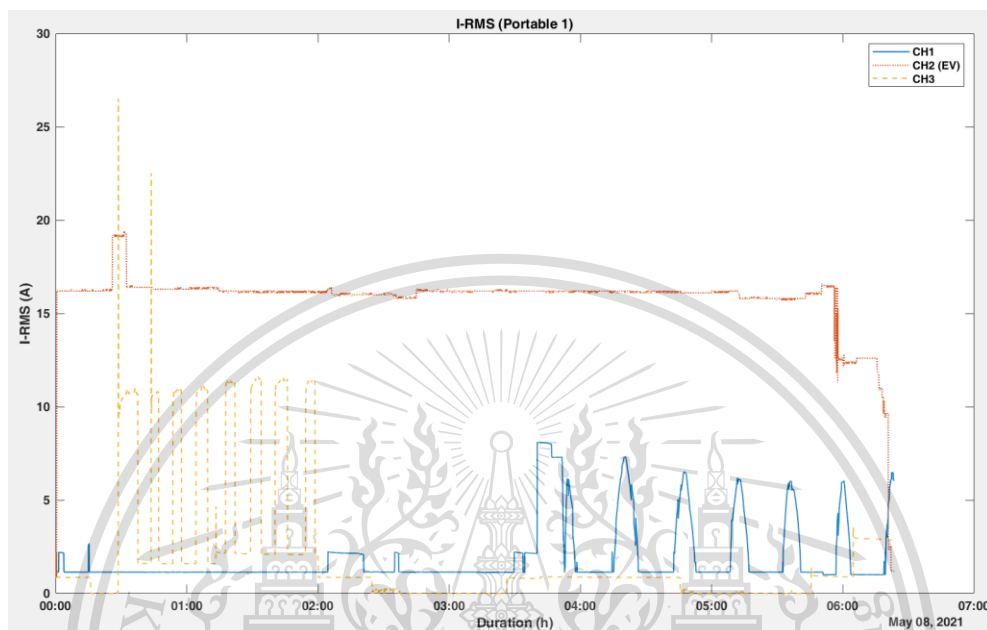
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

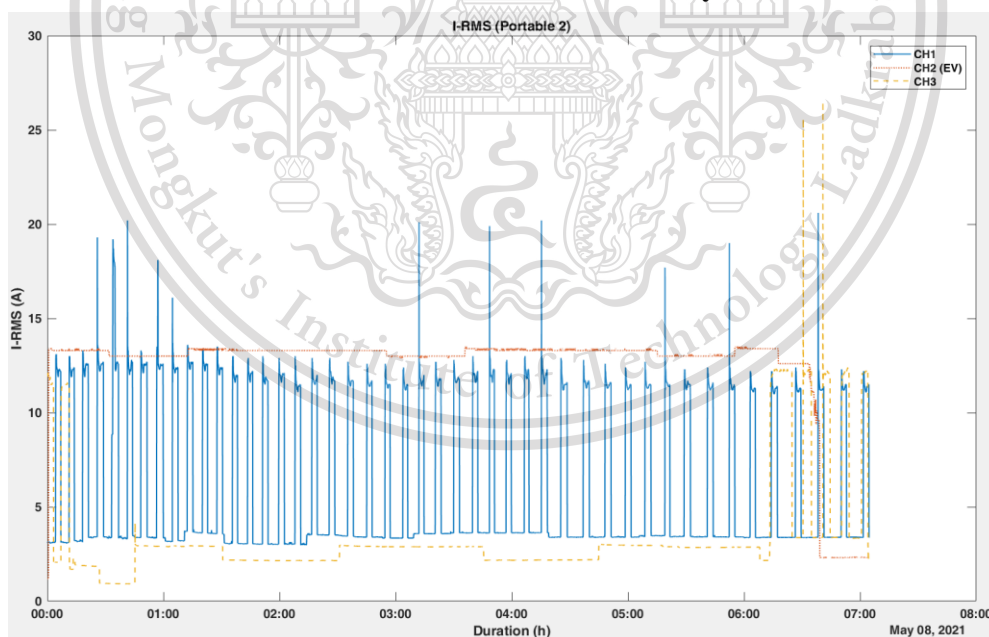
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การบันทึกผลการชาร์จ MG ZS EV ไฟฟ้าด้วย Portable 16 A

4.2.1.8 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

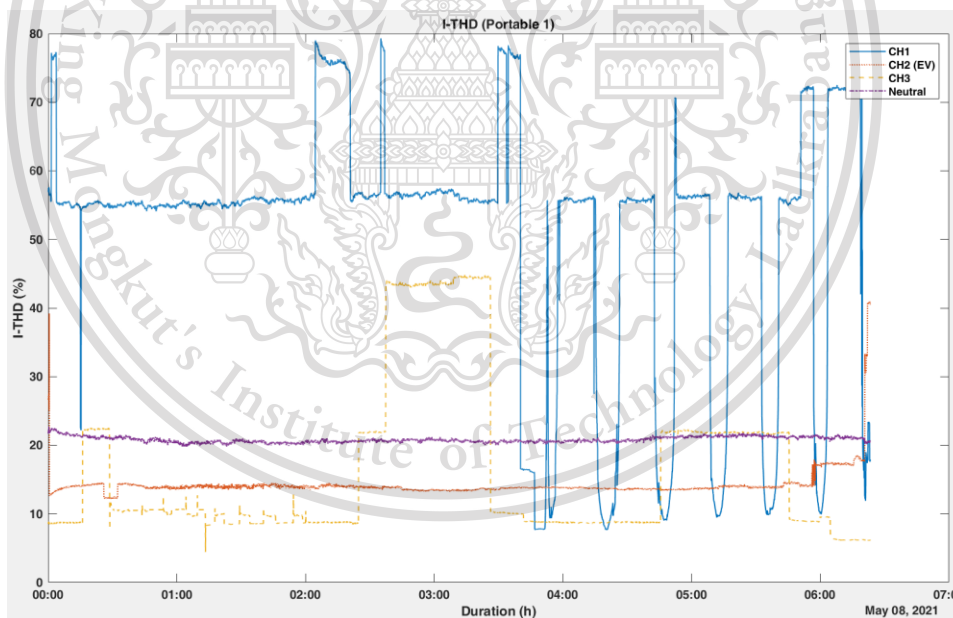
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker จะพบว่าในเฟสที่ทำการเพิ่มการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าค่าไปนั้น มีการเพิ่มขึ้นของกระแสอาร์เอ็มเอสของกระแสอาร์เอ็มเอสอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเพิ่มโหลดเข้าไปในระบบ

จากรูปที่ 4.15(ก) กระแสอาร์เอ็มเอสในCH2 มีค่าอยู่ที่ประมาณ 16 A และค่อยๆลดลงเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็ม ส่วนรูปที่ 4.15(ข)มีค่ากระแสอาร์เอ็มเอสในCH2 อยู่ที่ประมาณ 14 A เมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มจึงมีค่าค่อยๆลดลงเช่นเดียวกัน

โดยขณะที่กระแสอาร์เอ็มเอสกำลังค่อยๆลดลง จะเกิด Switching เล็กน้อยทั้ง2ตู้ชาร์จ ซึ่งอาจเกิดจากพฤติกรรมของรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นนี้

4.2.1.9 กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker

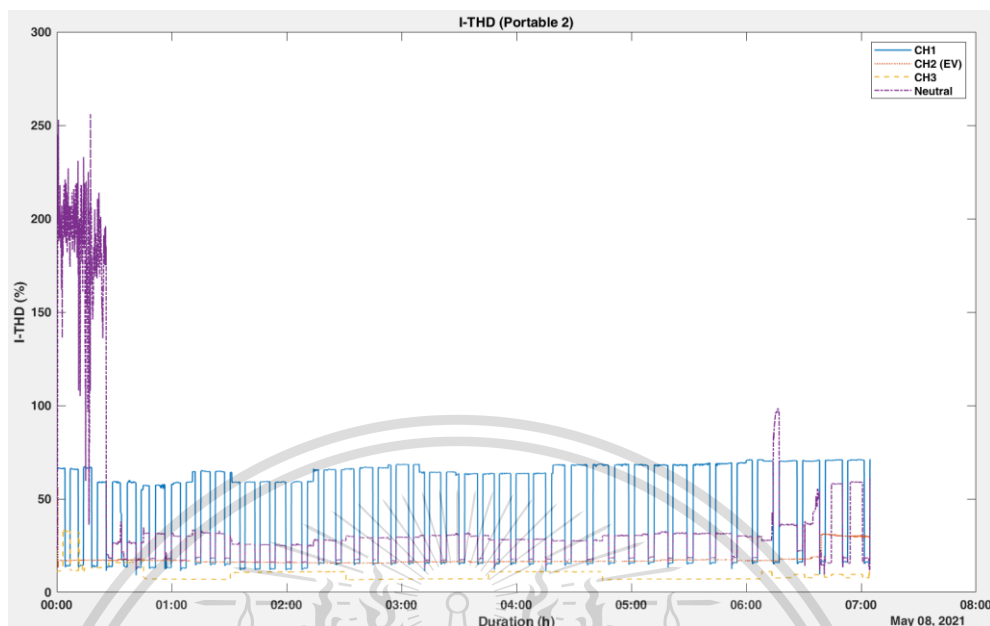


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A

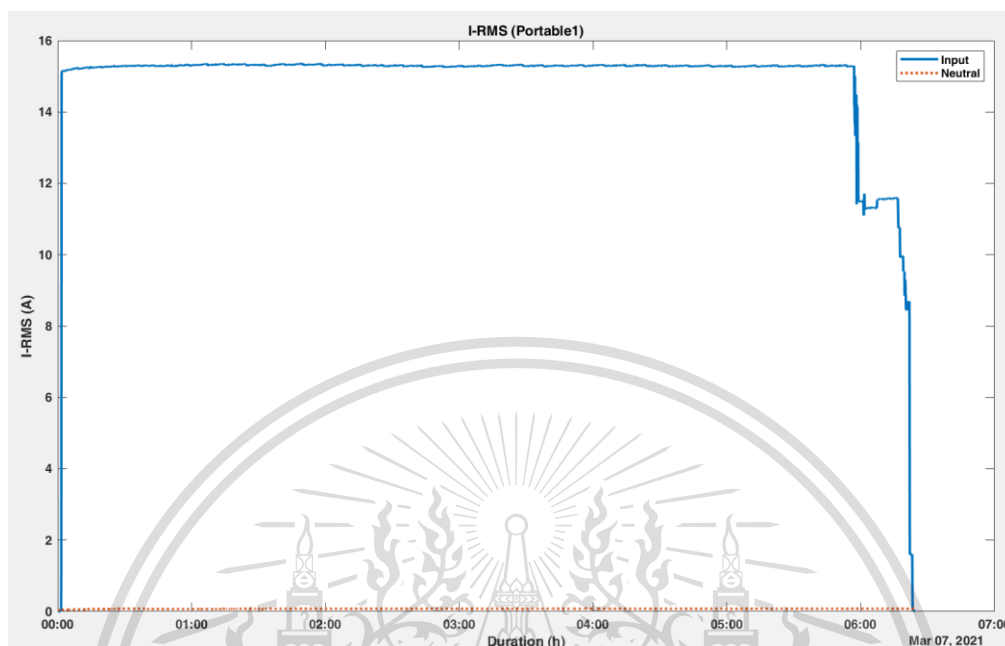
จากรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าในCH2กระแสที่เอชดีขณะทำการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า มีลักษณะพฤติกรรมของกราฟที่ค่อนข้างนิ่งและมีค่าน้อยกว่ากระแสที่เอชดีที่เกิดจากโหลดในCHอื่นๆมาก โดยมีค่าอยู่ที่ประมาณ10% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง2ตู้ชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

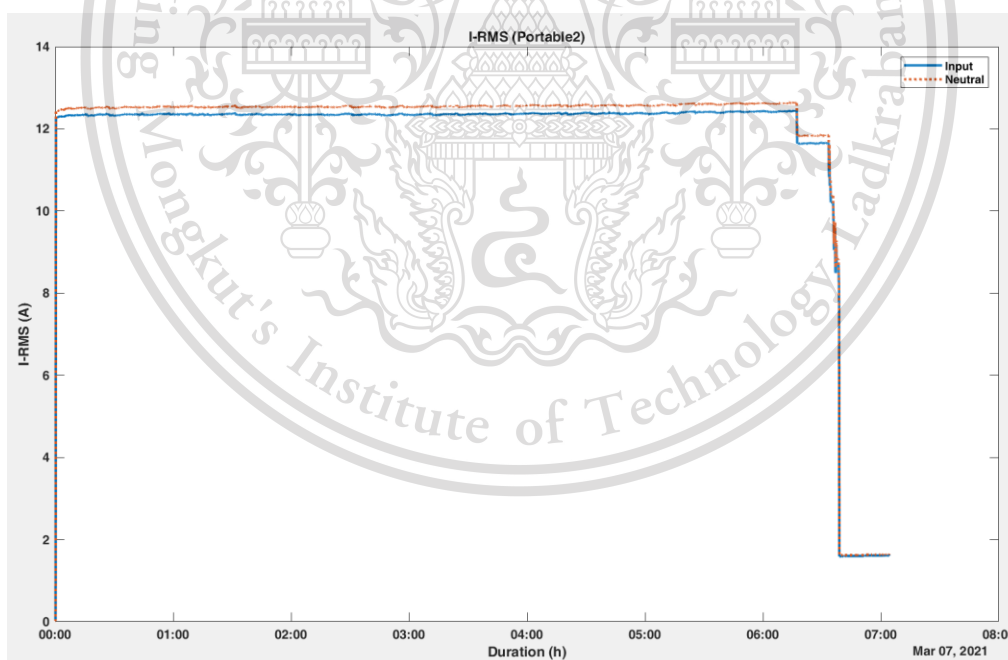
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.10 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุต



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรอินพุต

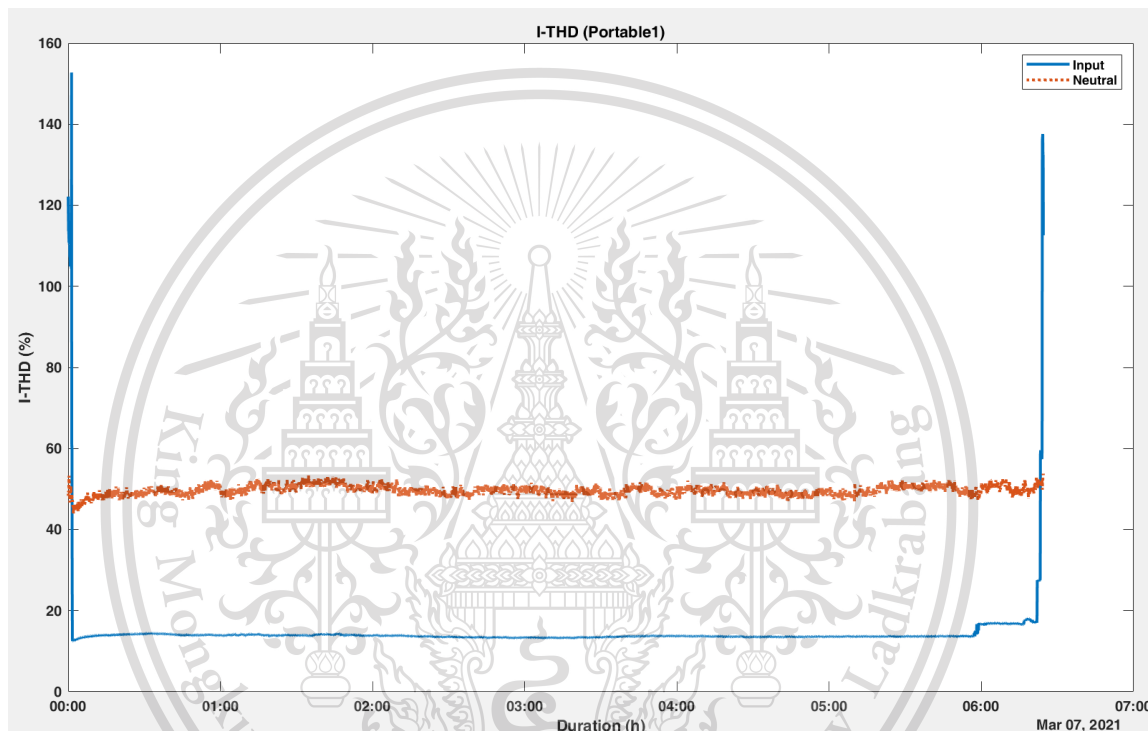
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.17(ก) จะเห็นว่ากระแสอาร์เอ็มเอสมีค่าอยู่ที่ประมาณ 15A ส่วนรูปที่ 4.17(ข) มีค่ากระแสอาร์เอ็มเอสอยู่ที่ประมาณ 12A ซึ่งไม่ตรงกับกระแสพิคก์ของตู้ชาร์จทั้ง 2 รุ่น ซึ่งอาจเกิดจากคุณภาพของตู้ชาร์จเอง และจากรูปที่ 4.17 นั้นยังทำให้เห็นได้ชัดขึ้นว่ากระแสอาร์เอ็มเอสขณะกำลังลดกระแสจะเกิดการ Switching เล็กน้อย

4.2.1.11 กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต

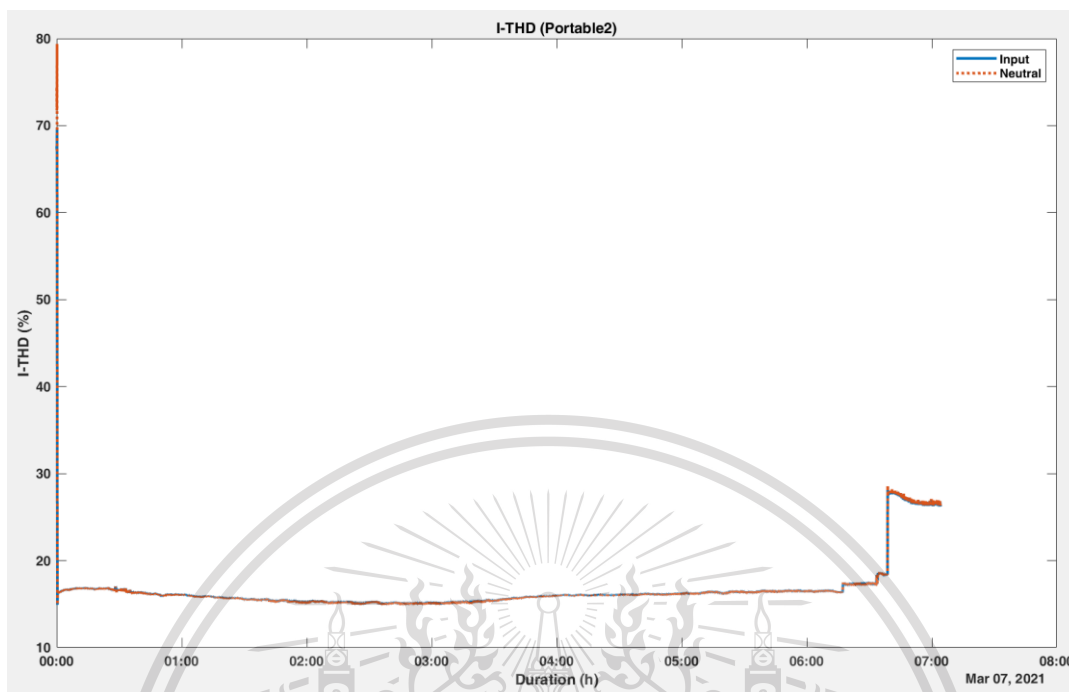


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วางจอร์อินพุต

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A

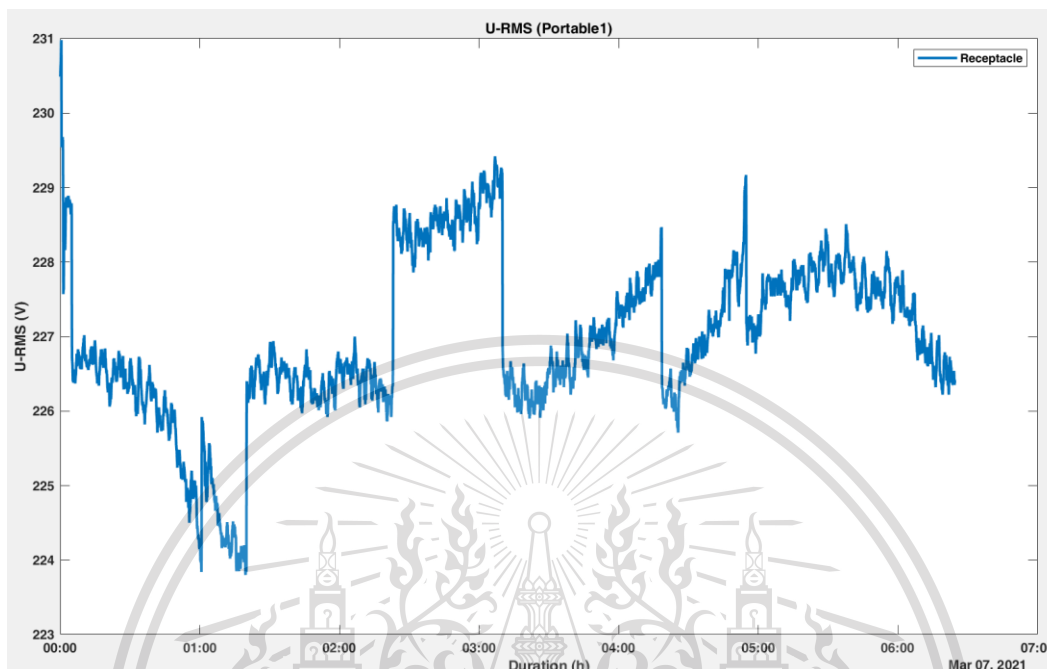
จากรูปที่ 4.18 นั้นยังทำให้เห็นได้ชัดขึ้นว่ากระแสที่เอชดีขณะทำการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้านั้นมีค่าที่ค่อนข้างคงที่ โดยรูปที่ 4.18(ก) มีค่ากระแสที่เอชดีอยู่ที่ 50% และรูปที่ 4.18(ข) มีค่ากระแสที่เอชดีอยู่ที่ 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

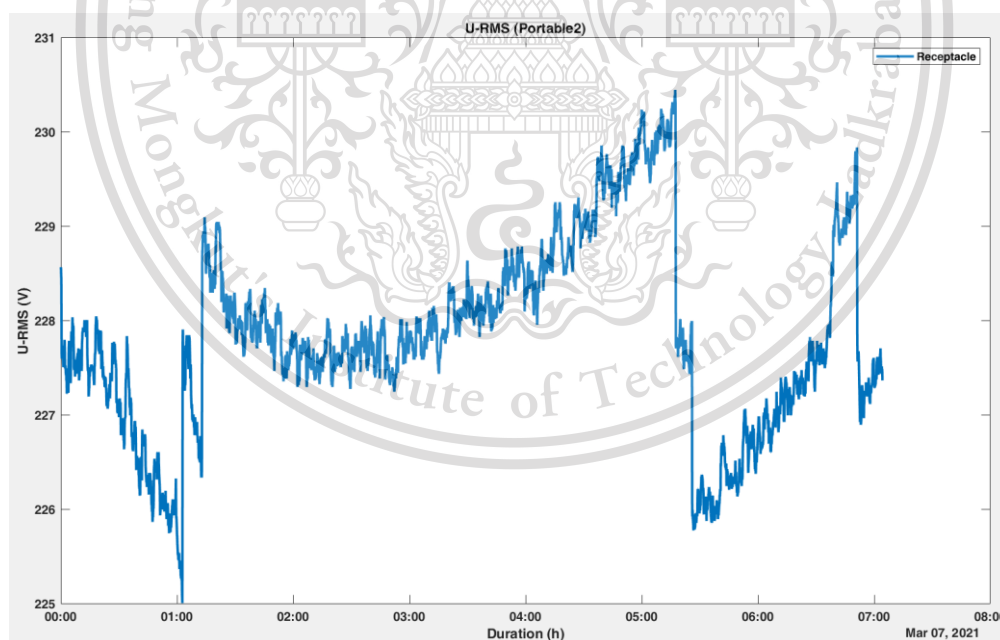
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.12 แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรตัวรับ



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรตัวรับ

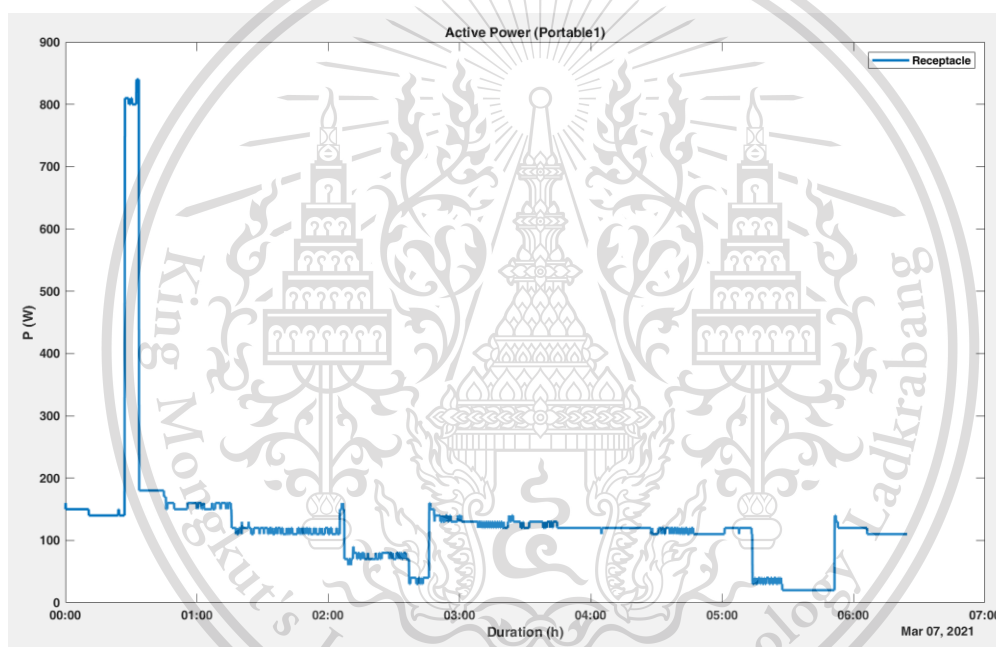
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มีมติเห็นแต่ลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.19 นั้นจะพบว่าวงจรเต้ารับที่อยู่ในแชนแนลเดียวกับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้านั้นมีช่วงที่เกิดแรงดันอาร์เอ็มเอสตกเล็กน้อย ซึ่งไม่กระทบต่อระบบโดยรวมมากนัก โดยมีค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสอยู่ในช่วงประมาณ 225-230V โดยกราฟในรูปที่ 4.19(ก) มีช่วงที่แรงดันอาร์เอ็มเอสตกมากกว่ากราฟในรูปที่ 4.19(ข) พอสมควร

4.2.1.13 กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรเต้ารับ

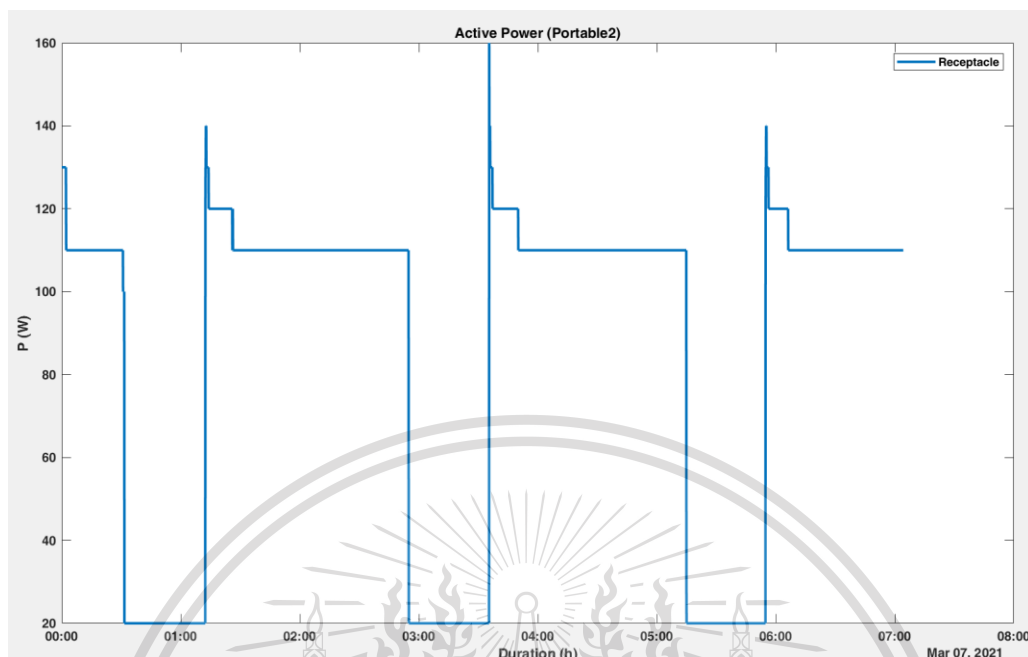


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรได้รับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A

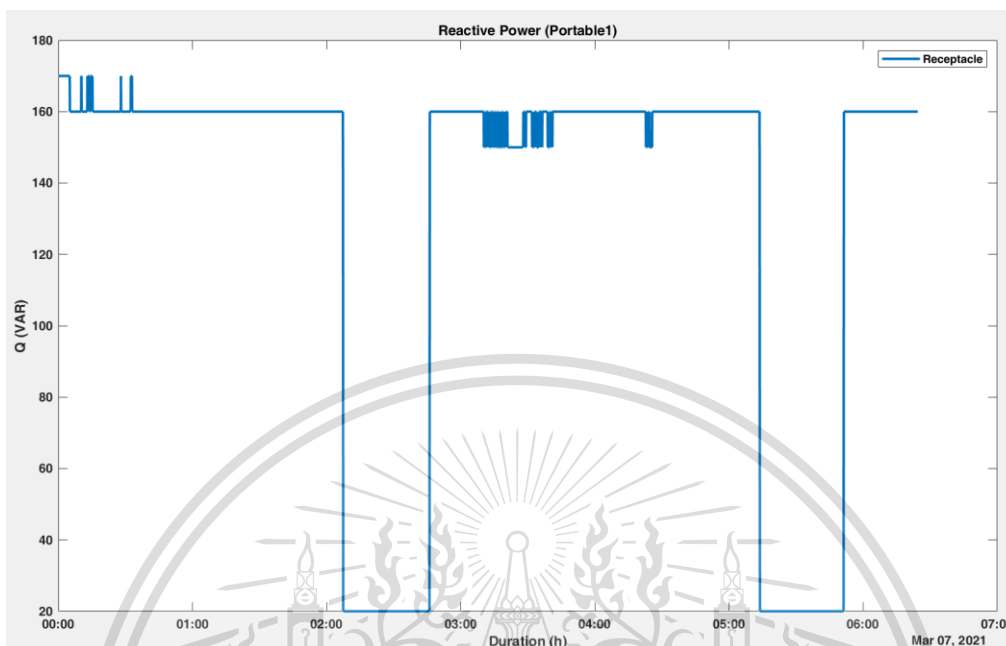
จากรูปที่ 4.20 นั้นจะพบว่าในรูปที่ 4.20(ก) นั้นจะมีช่วงเวลาประมาณนาทีที่ 30 ที่มีการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้าสูงถึง 800 W และลดลงมาจนถึงช่วง 150 W และในรูปที่ 4.20(ข) เนื่องจากการเกิดแรงดันตกในบางช่วงเวลา โดยกราฟทั้ง 2 รูปนั้นมีลักษณะเป็น Square ที่จะเหวี่ยงระหว่าง 110 W และ 20 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

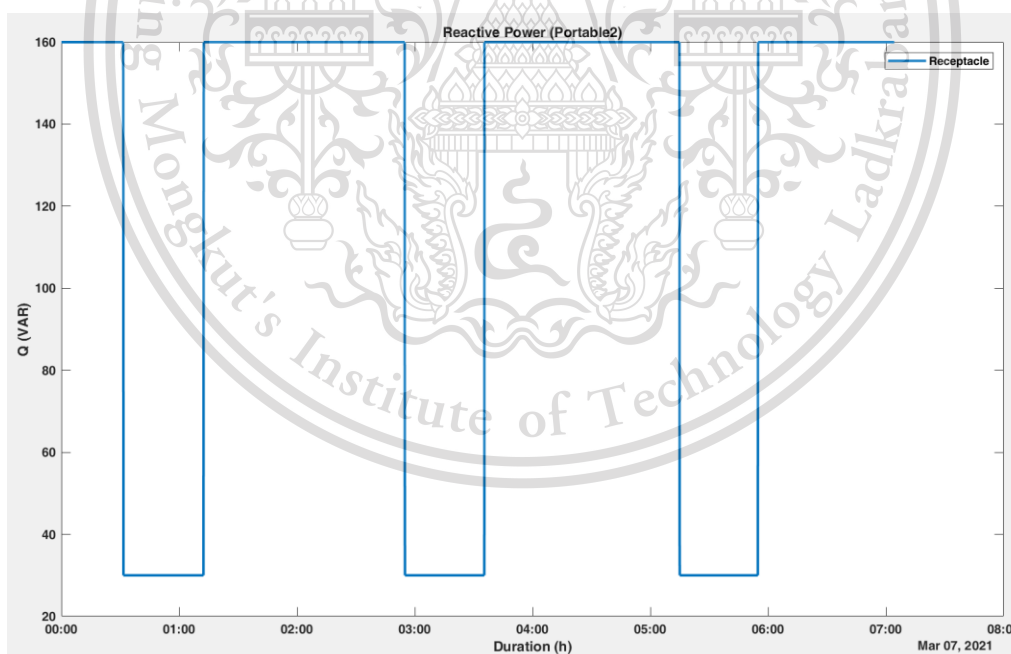
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.1.14 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรเต้ารับ



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ที่วงจรเต้ารับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Portable Charger 16A
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มุมเทคโนโลยีแห่งอนาคต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

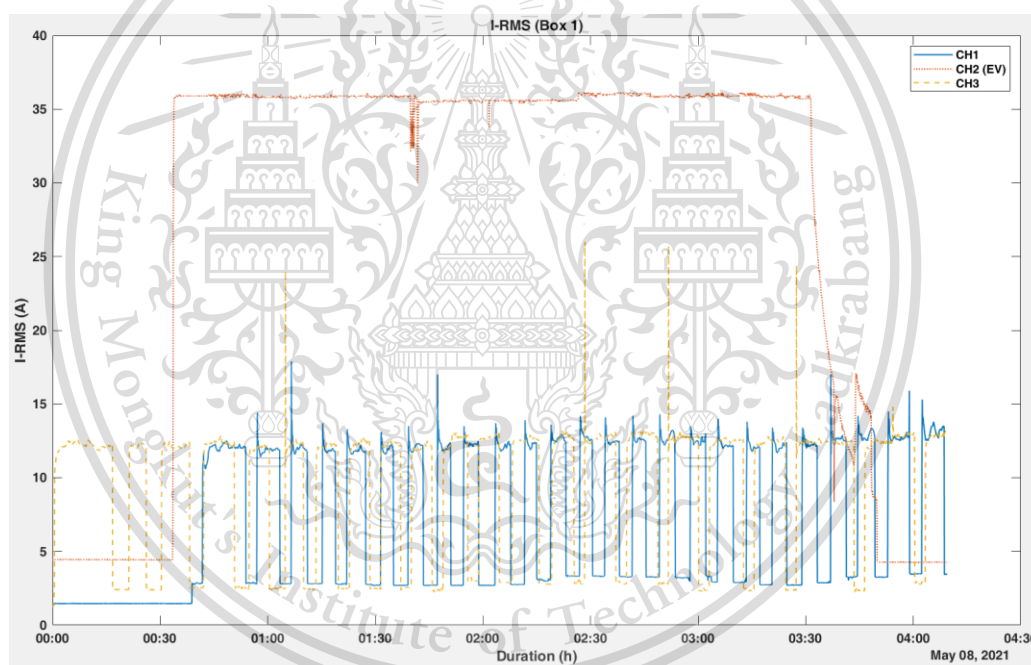
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.21 นั้นจะพบว่าทั้งรูป (ก) และ (ข) มีลักษณะของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ใกล้เคียงกัน ที่มีลักษณะคล้ายกราฟ Square ที่เหวี่ยงระหว่าง 160 VAR จนถึง 20 – 30 VAR ในทุกๆ 2 ชั่วโมง

4.2.2 รถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s

การบันทึกผลการชาร์จ BMW i3s ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32 A

4.2.2.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker

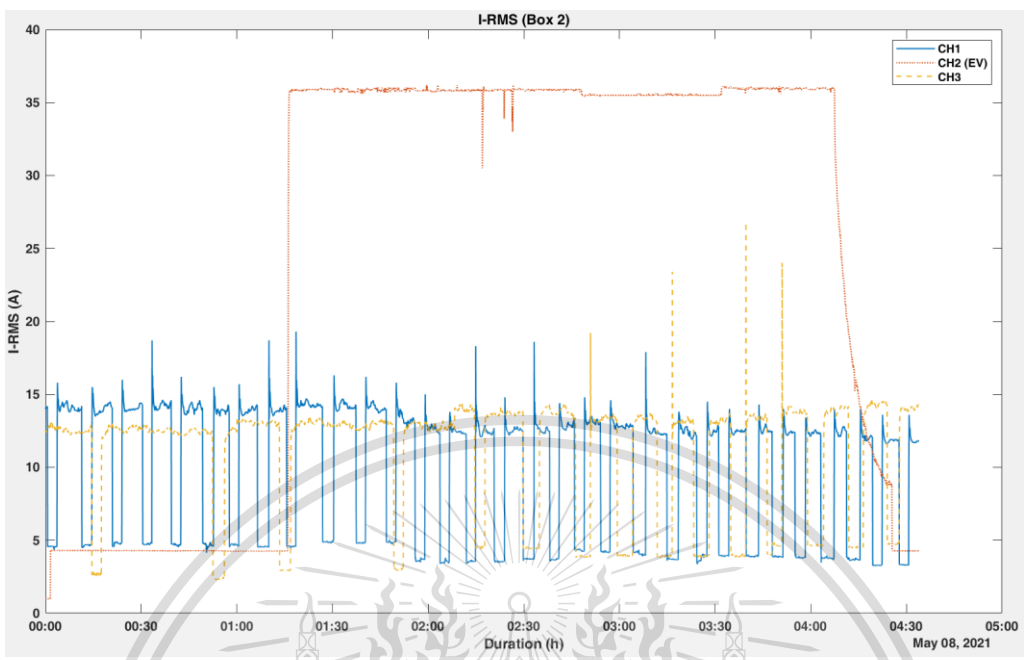


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

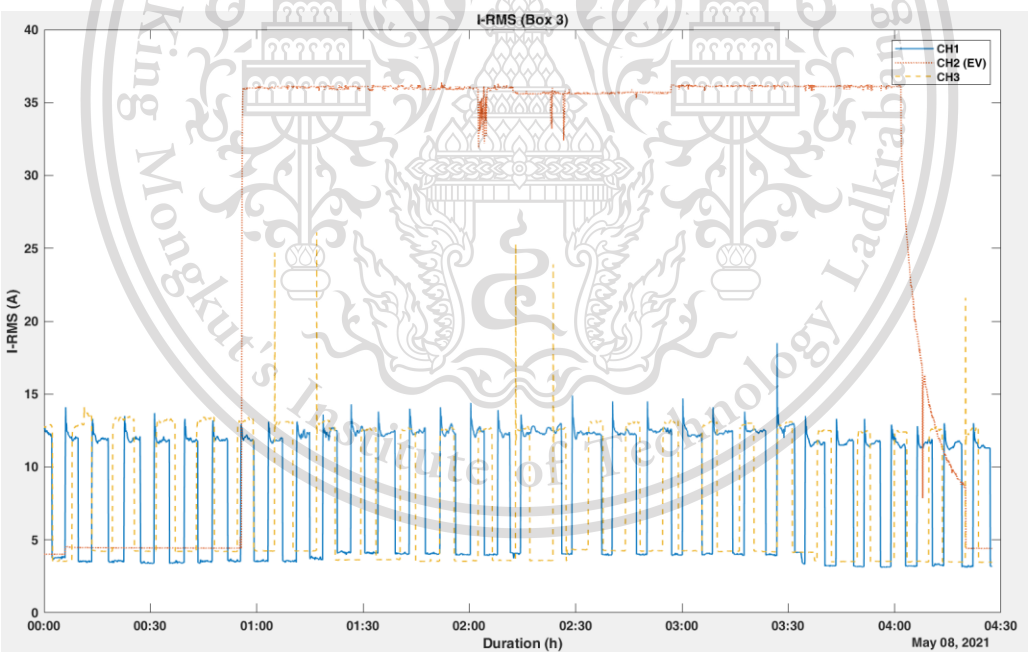
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



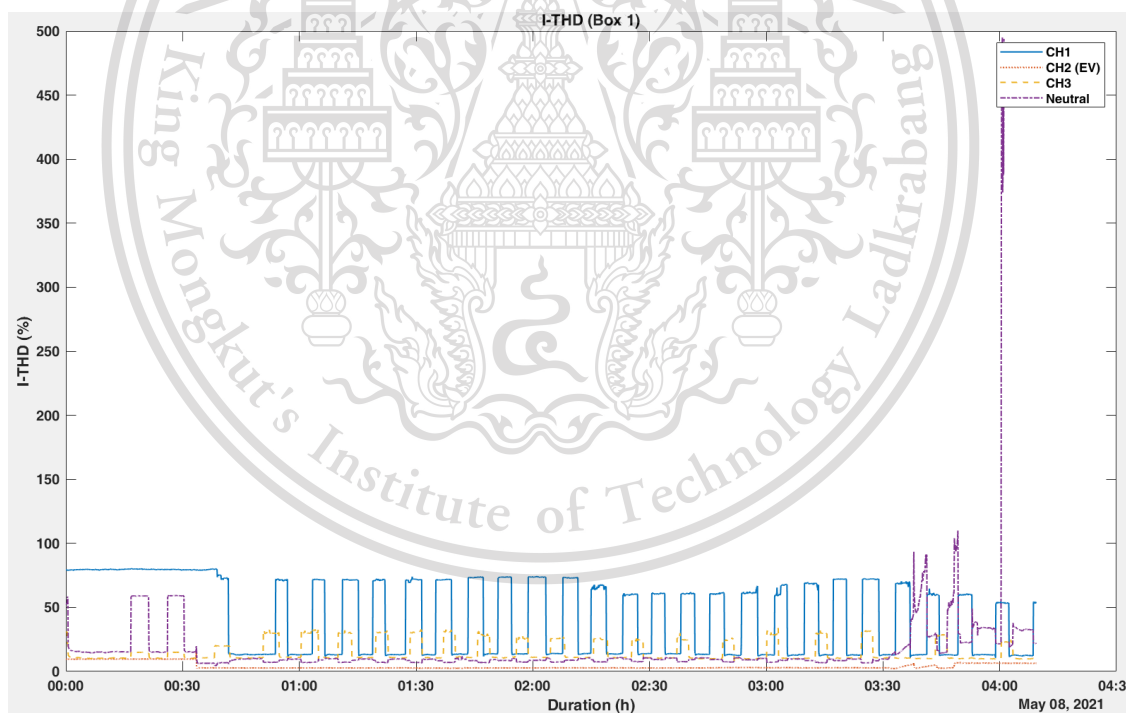
(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.22 (ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ใน CH1 ตู้ที่ 1,2,3 ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่ากระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการเริ่มชาร์จที่คงที่ ประมาณ 37 A จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเพื่อลดกระแสประมาณ 8 A เมื่อปรับตัวมาถึง 8 A กระแสอาร์เอมเอสจะปรับตัวลดลงมาที่ประมาณ 5 A ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จเต็ม และใน CH2 ในรูปที่ (ก) (ข) (ค) กราฟจะมีลักษณะเป็นแบบ Square Wave

4.2.2.2 กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker

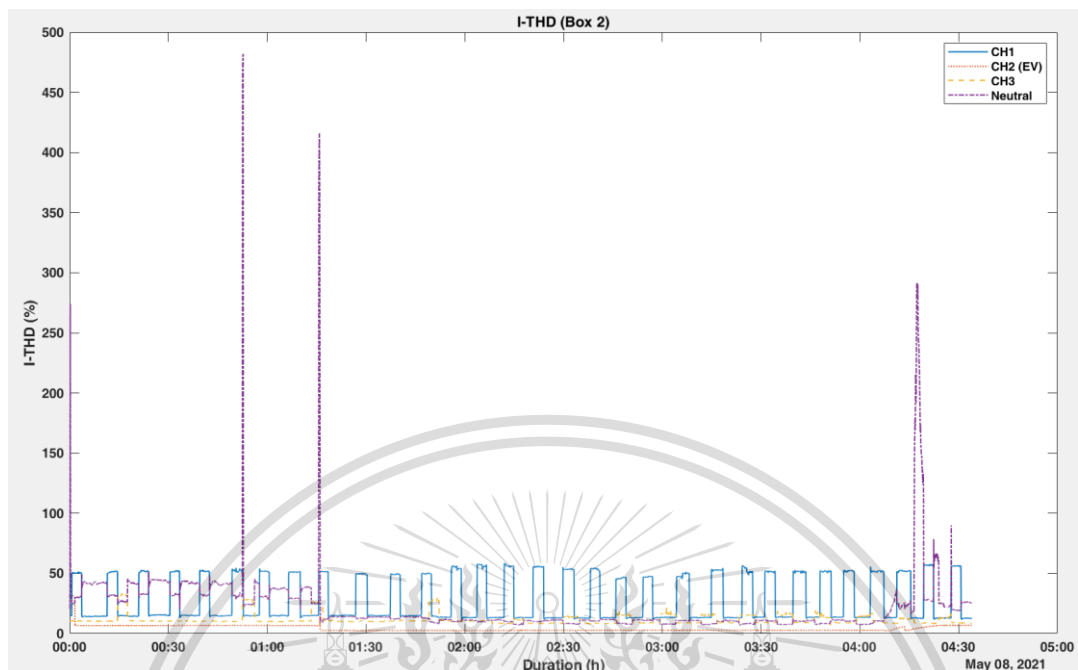


(ก) กราฟกระแสที่เอชดีจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

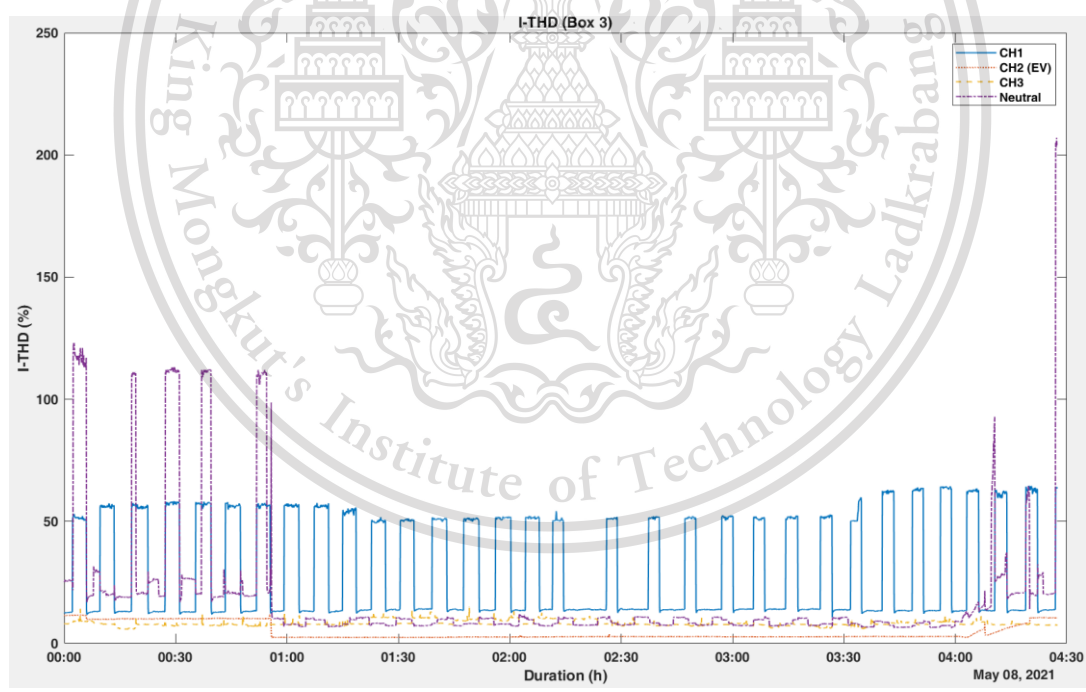
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสที่เอสดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสที่เอสดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอสดี ที่วงจร Main Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของหน่วยงานที่ผลิตเอกสารฉบับนี้ไปเผยแพร่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

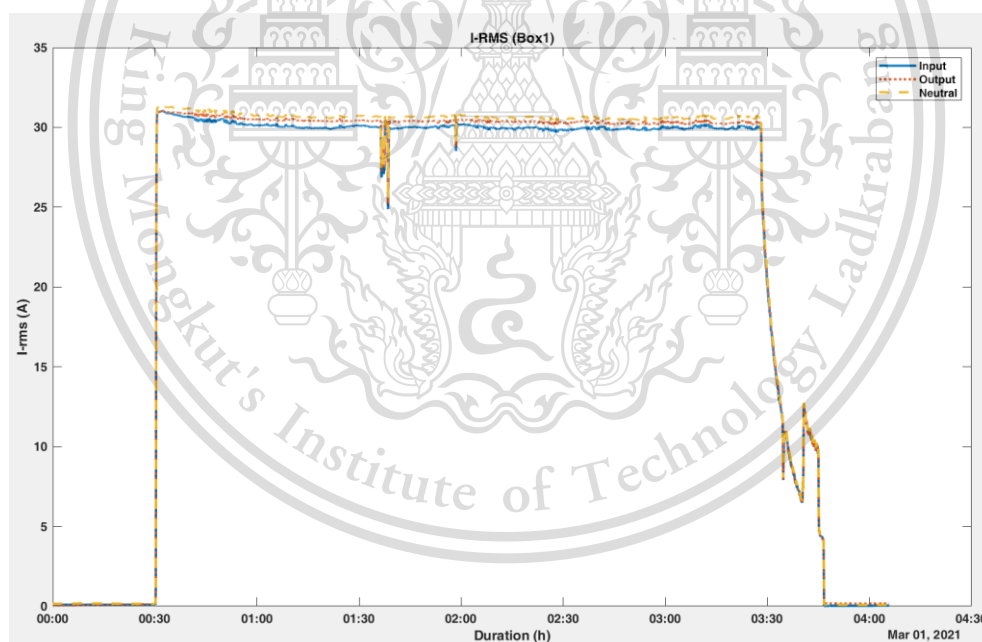
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.23 (ก) กระแสที่เอชดีมีค่าสูงในช่วงก่อนชาร์จ 00:00-00:33 และมีการลดลงของกระแสที่เอชดีลดลงระหว่างการชาร์จ 00:33-03:35 จากนั้นมีกระแสที่เอชดีมีค่าสูงขึ้นในช่วงการชาร์จเสร็จ 03:35-04:10

จากรูปที่ 4.23 (ข) กระแสที่เอชดีมีค่าสูงในช่วงก่อนชาร์จ 00:00-00:33 และมีการลดลงของกระแสที่เอชดีลดลงระหว่างการชาร์จ 00:33-03:35 จากนั้นมีกระแสที่เอชดีมีค่าสูงขึ้นในช่วงการชาร์จเสร็จ 03:35-04:10

จากรูปที่ 4.23 (ค) กระแสที่เอชดีมีค่าสูงในช่วงก่อนชาร์จ 00:00-01:00 และมีการลดลงของกระแสที่เอชดีลดลงระหว่างการชาร์จ 01:00-04:10 จากนั้นมีกระแสที่เอชดีมีค่าสูงขึ้นในช่วงการชาร์จเสร็จ 04:10-04:30

4.2.2.3 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต

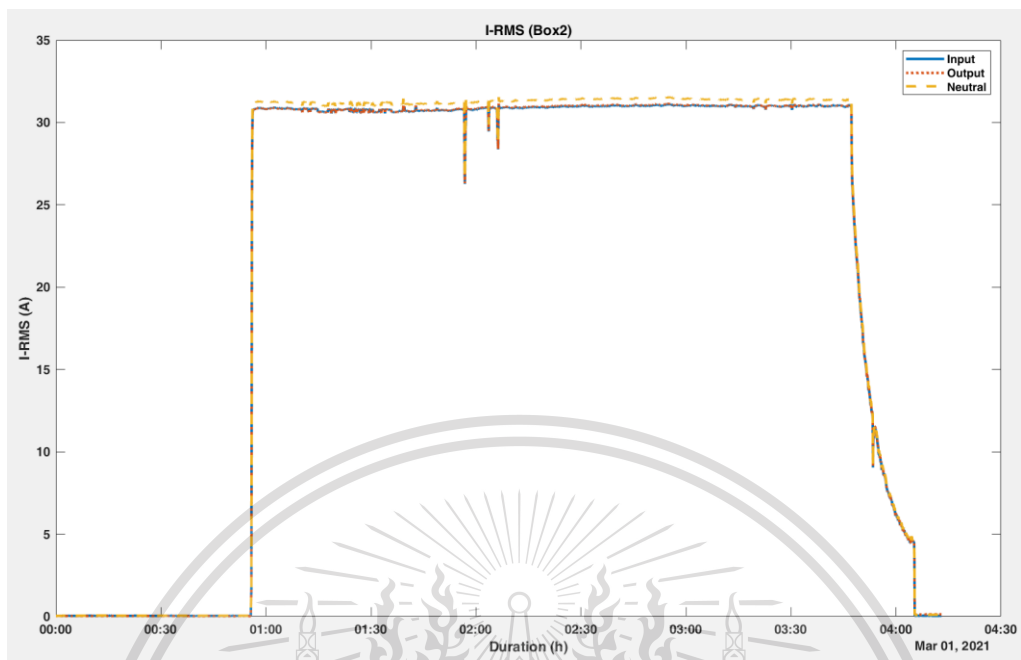


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

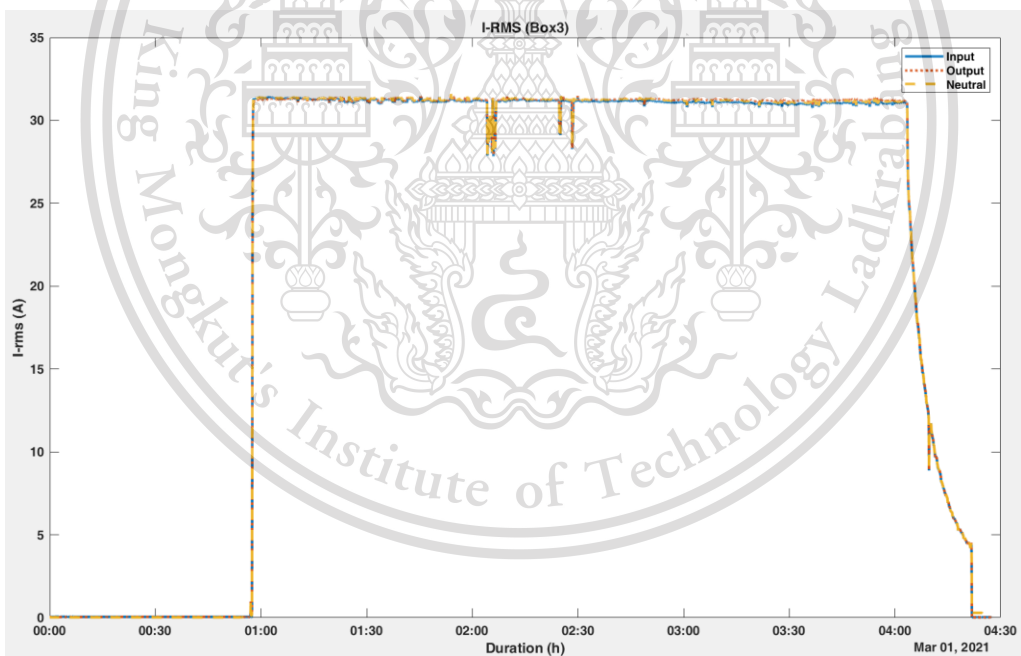
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



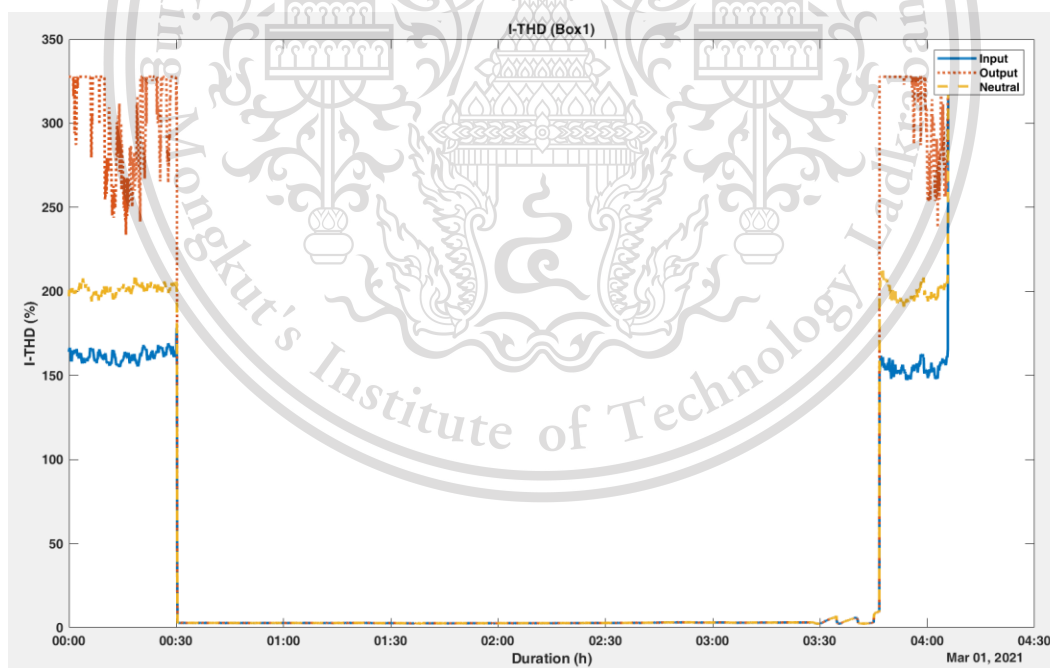
(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร ที่วงจรอินพุตและเอาท์พุตของที่ชาร์จสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.24 (ก) (ข) (ค) นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ใน CH1 ตู้ที่ 1,2,3 ซึ่งสามารถเห็นได้ดังนี้ว่ากระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการชาร์จนั้นทั้งสาม Wall Box นั้นจะมีกระแสอาร์เอมเอสในระหว่างการเริ่มชาร์จที่คงที่ ประมาณ 37 A จากนั้นเมื่อ ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเพื่อลดกระแสประมาณ 8 A เมื่อปรับตัวมาถึง 8 A กระแสอาร์เอมเอสจะปรับตัวลดลงมาที่ประมาณ 5 A ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยานยนต์ไฟฟ้าชาร์จเต็ม และใน CH2 ในรูปที่ (ก) (ข) (ค) กราฟจะมีลักษณะเป็นแบบ Square Wave

4.2.2.4 กระแสที่เอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต

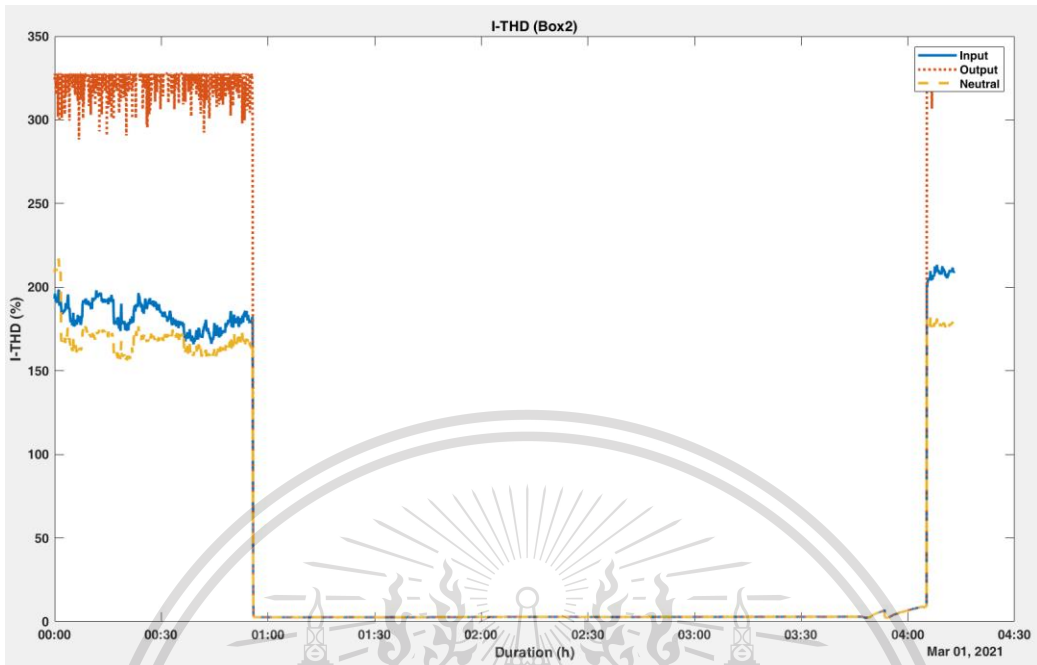


(ก) กราฟกระแสที่เอชดีจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

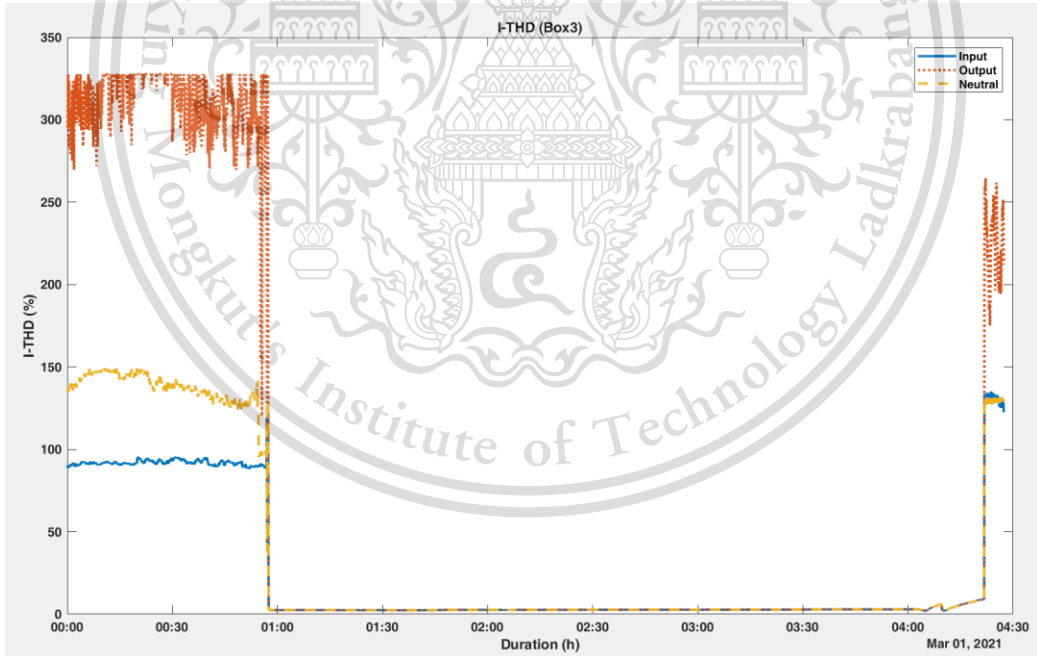
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสที่เอชดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสที่เอชดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจร ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ

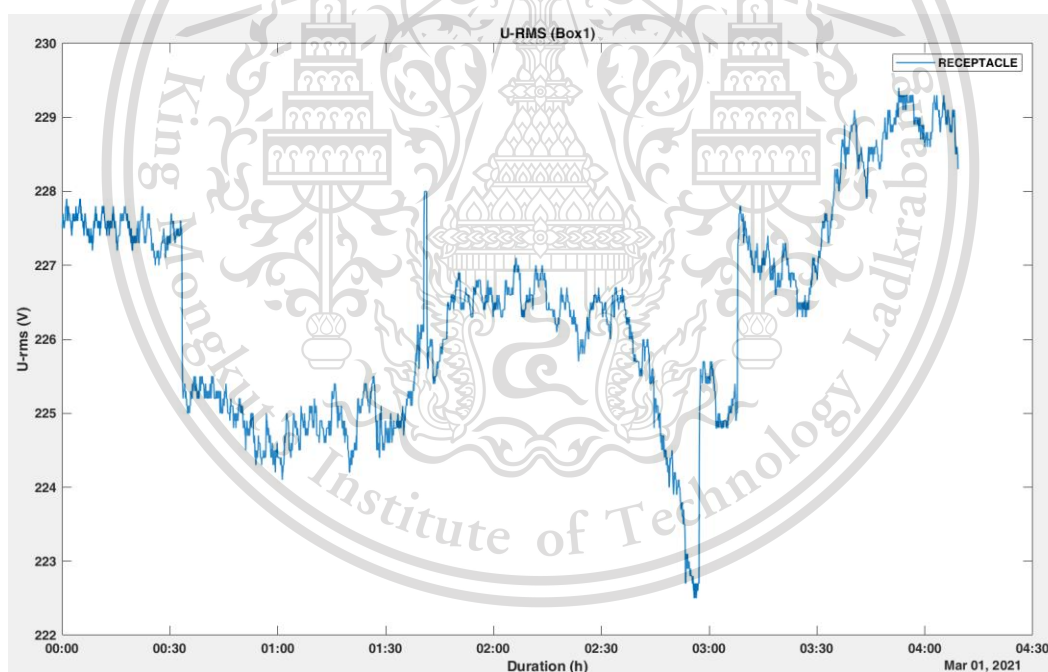
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.25 (ก) (ข) (ค) กระแสที่เอชดีของ Input Output Neutral จะมีค่าสูงช่วงที่ก่อนชาร์จ ยานยนต์ไฟฟ้าและ หลังจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าเสร็จ โดยจะมีกระแส ที่เอชดี ของ Output > Neutral > Input ในรูป (ก) (ข) ส่วนในระหว่างการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสที่เอชดี เป็นศูนย์

4.2.2.5 แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรได้รับ

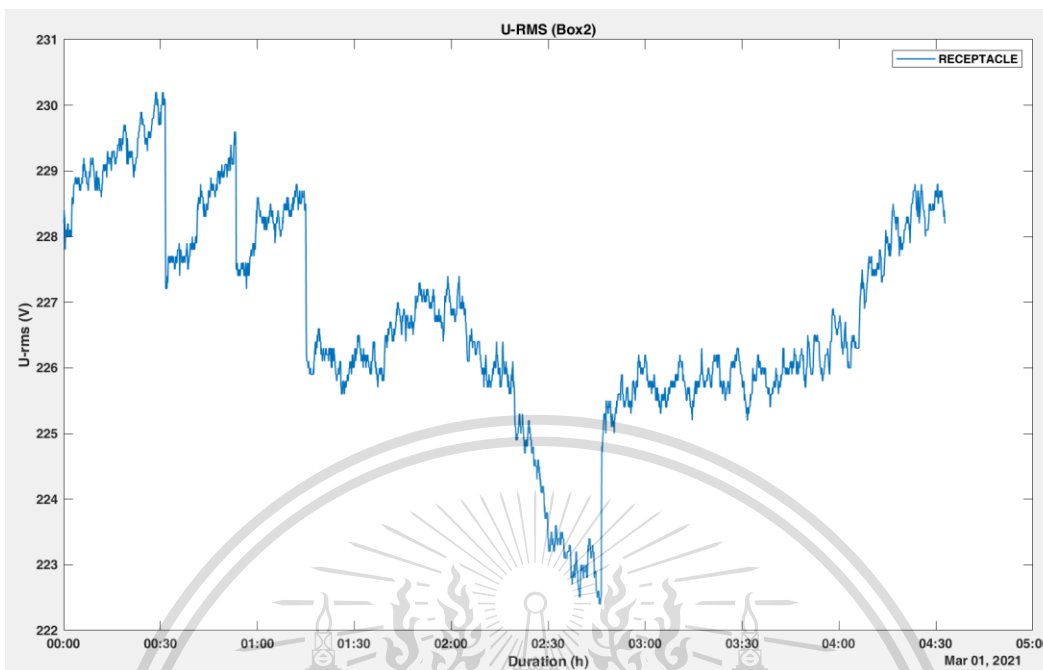


(ก) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

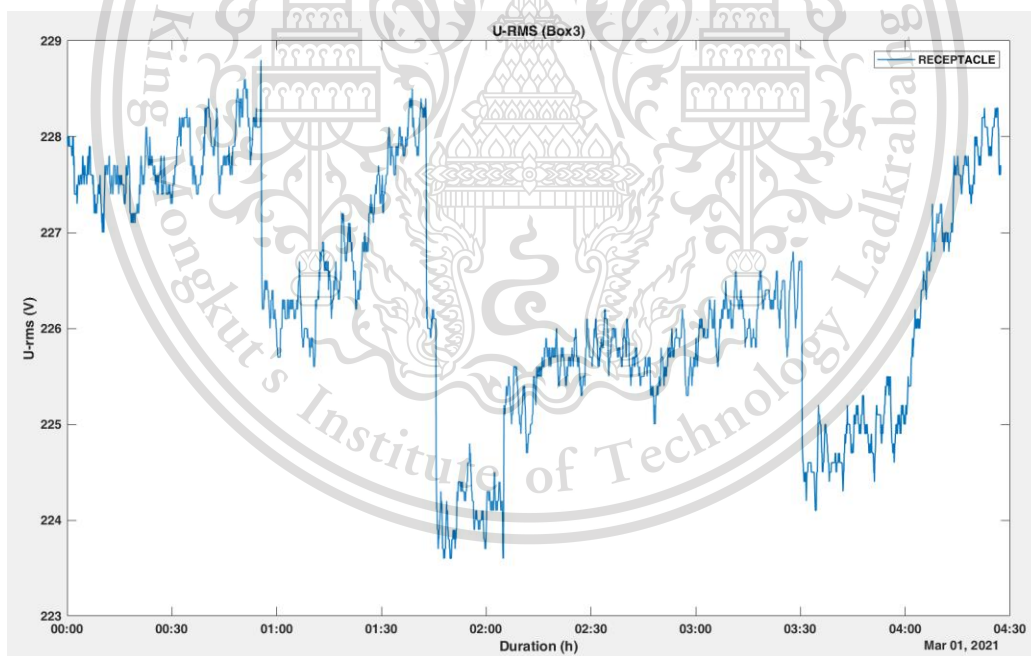
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรได้รับ

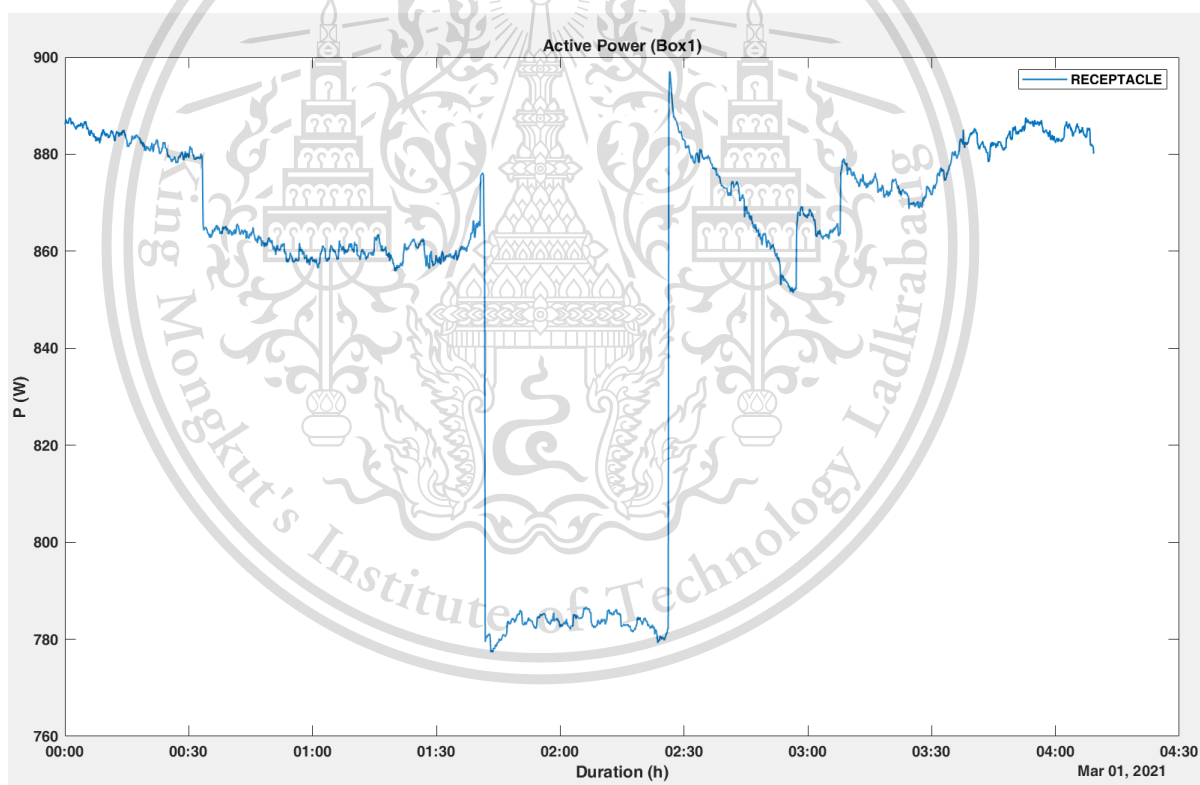
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.26 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสมีการสวิงของแรงดันอยู่ในช่วง 222V ถึง 230V ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งสามกราฟมีการครอปของแรงดันอาร์เอ็มเอส (Voltage Drop) ไม่เกิน 5%

4.2.2.6 กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรได้รับ

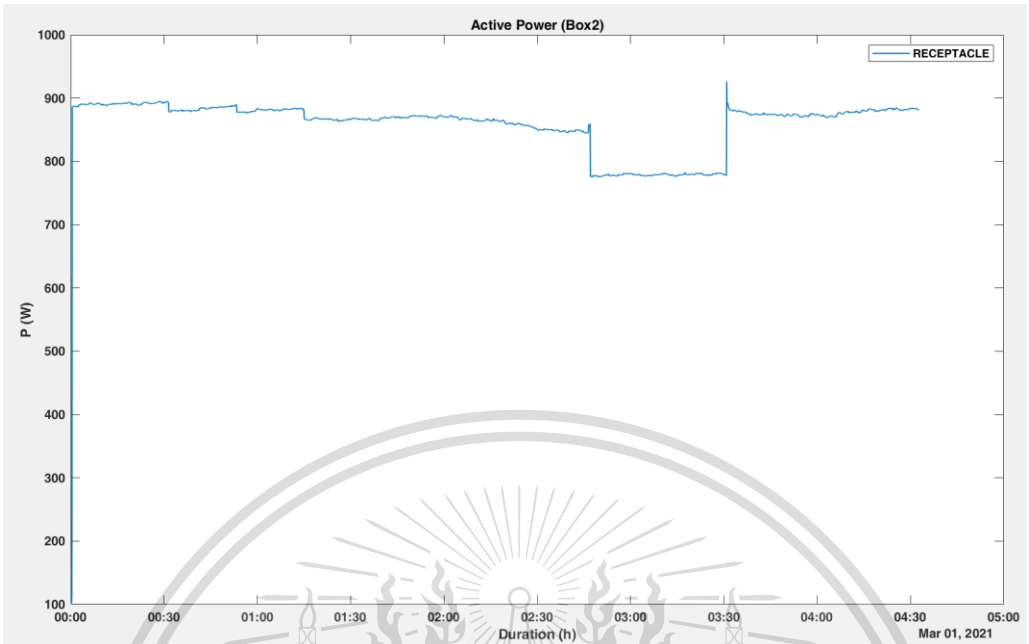


(ก) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

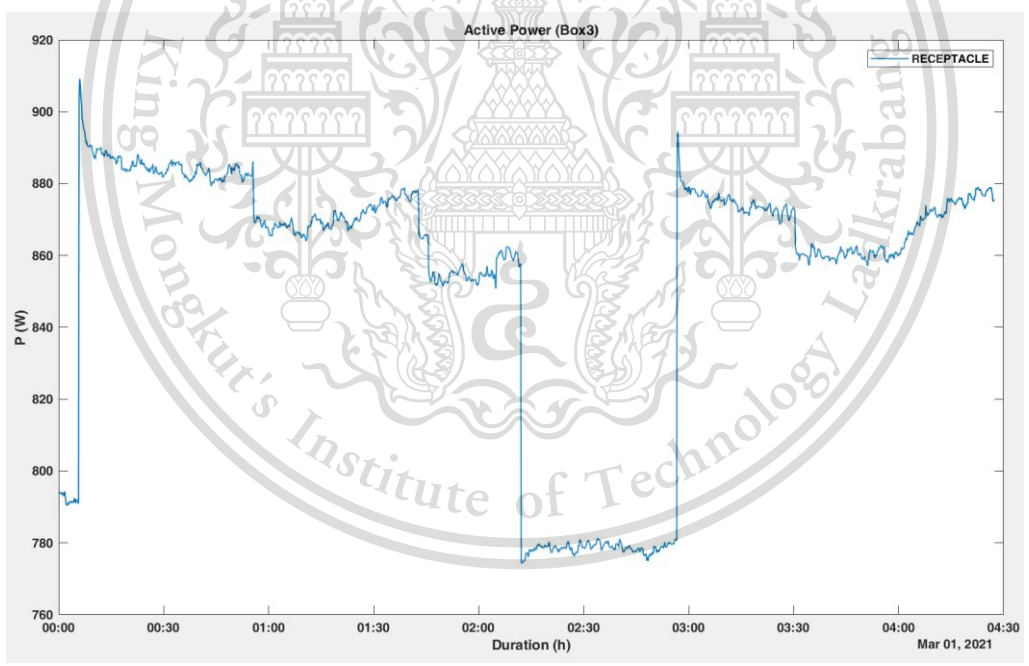
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรได้รับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A

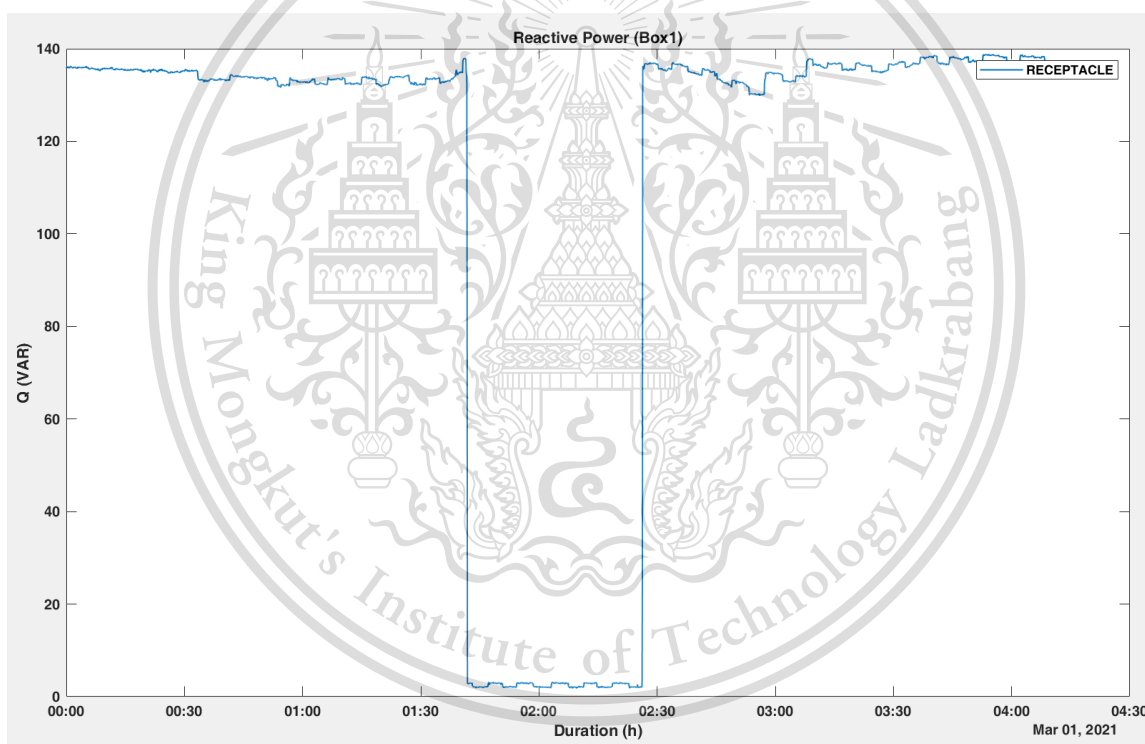
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 4.27 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟของกำลังไฟฟ้าจริงของทั้งสามกราฟจะมีการลดลงของกำลังไฟฟ้าจริง มีลักษณะคล้ายกับ Square Wave

4.2.2.7 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรได้รับ

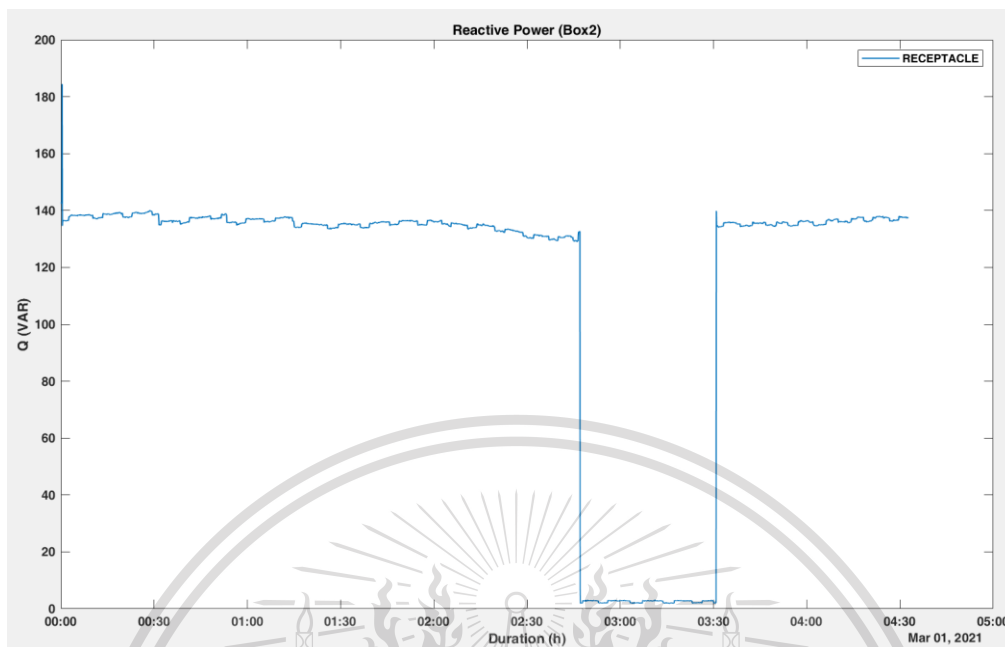


(ก) กราฟกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

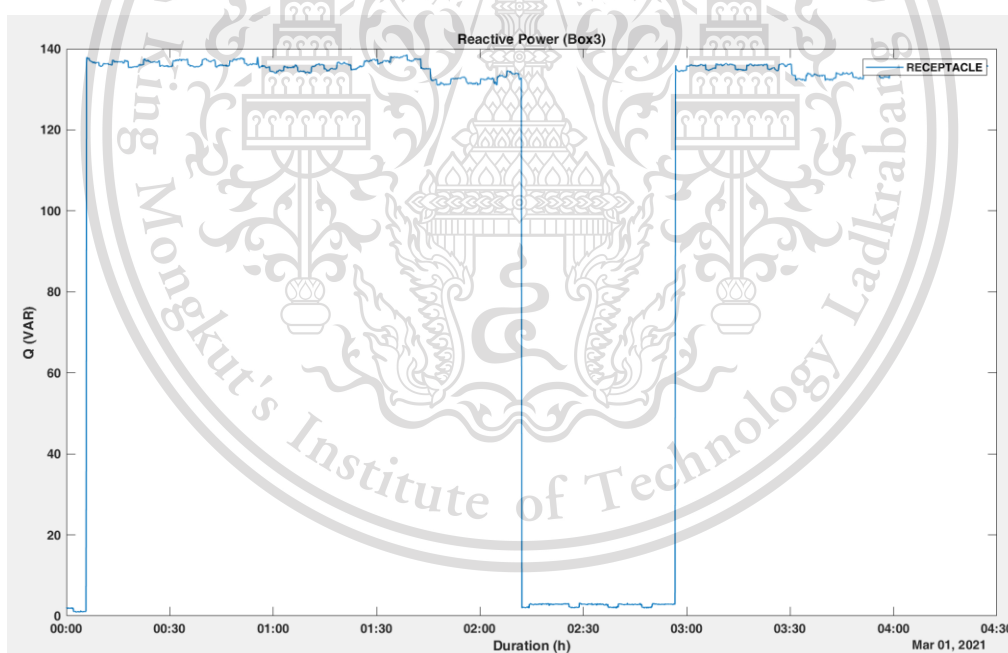
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ที่วงจรเต้ารับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า BMW i3s ด้วย Wall Box 32A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

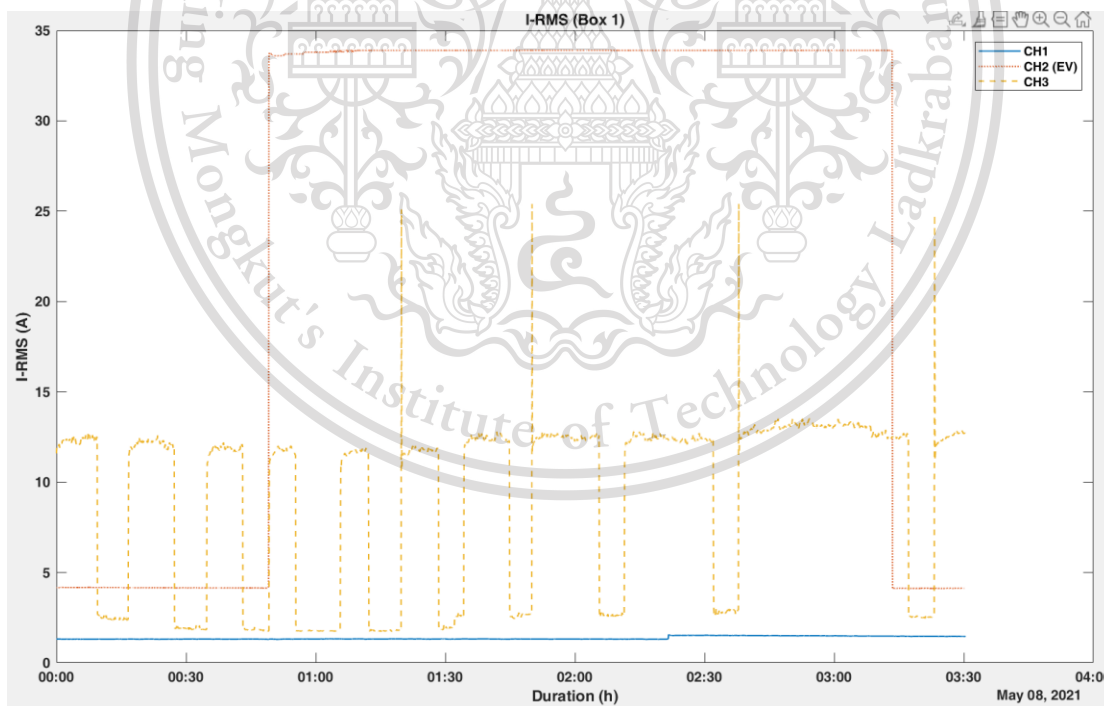
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.28 (ก) (ข) (ค) ทั้งสามกราฟจะเห็นจะมีค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่คงที่ประมาณ 140 VAR และมีการปรับลดลงเหลือ 0 VAR เป็นแบบ Square Wave มีช่วงดังนี้ (ก) กราฟปรับลดลงเหลือ 0 VAR ในช่วง 01:40-02:25 (ข) กราฟปรับลดลงเหลือ 0 VAR ในช่วง 02:48-03:30 (ค) กราฟปรับลดลงเหลือ 0 VAR ในช่วง 02:13-02:55

4.2.3 รถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ

การบันทึกผลการชาร์จ Hyundai IONIQ ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32 A

4.2.3.1 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker

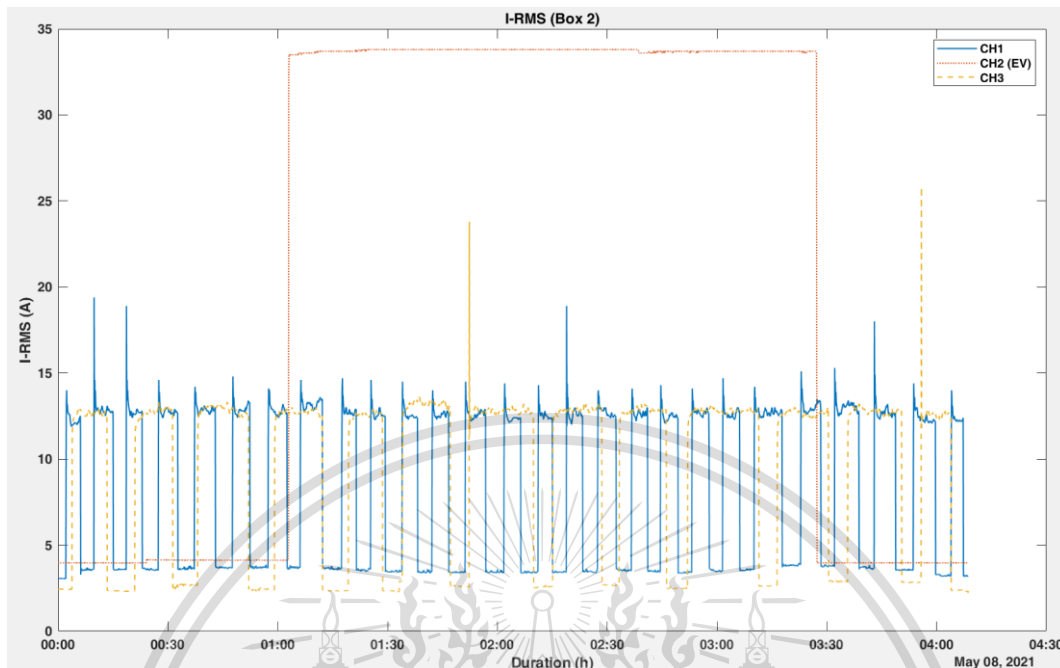


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

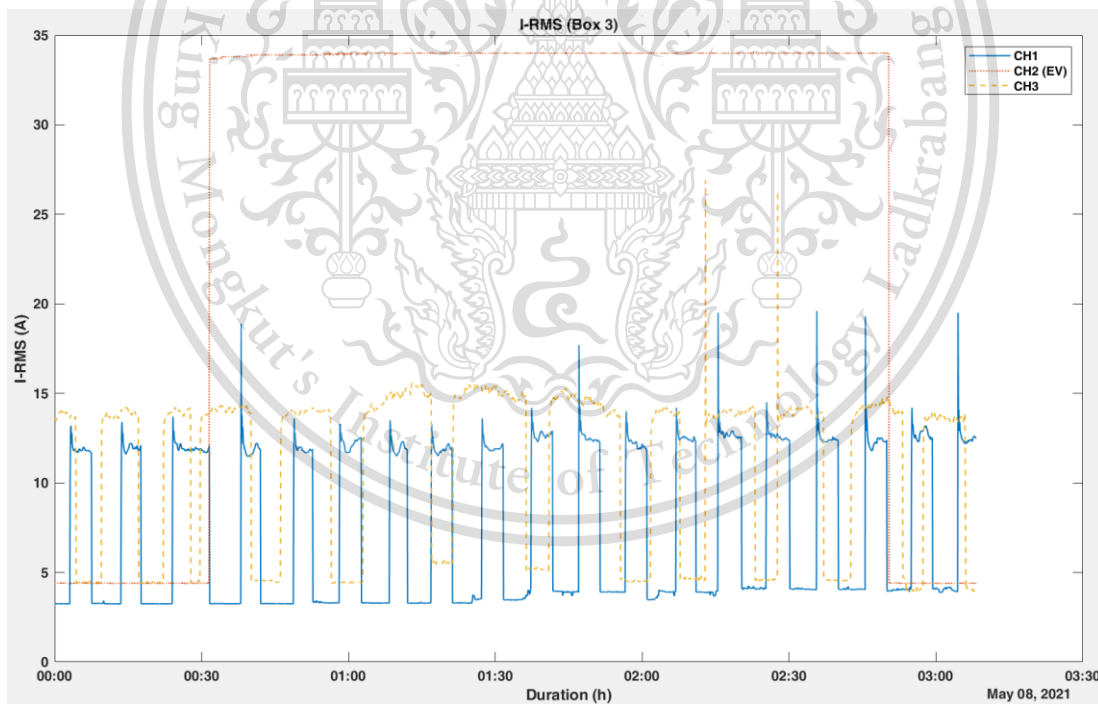
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker

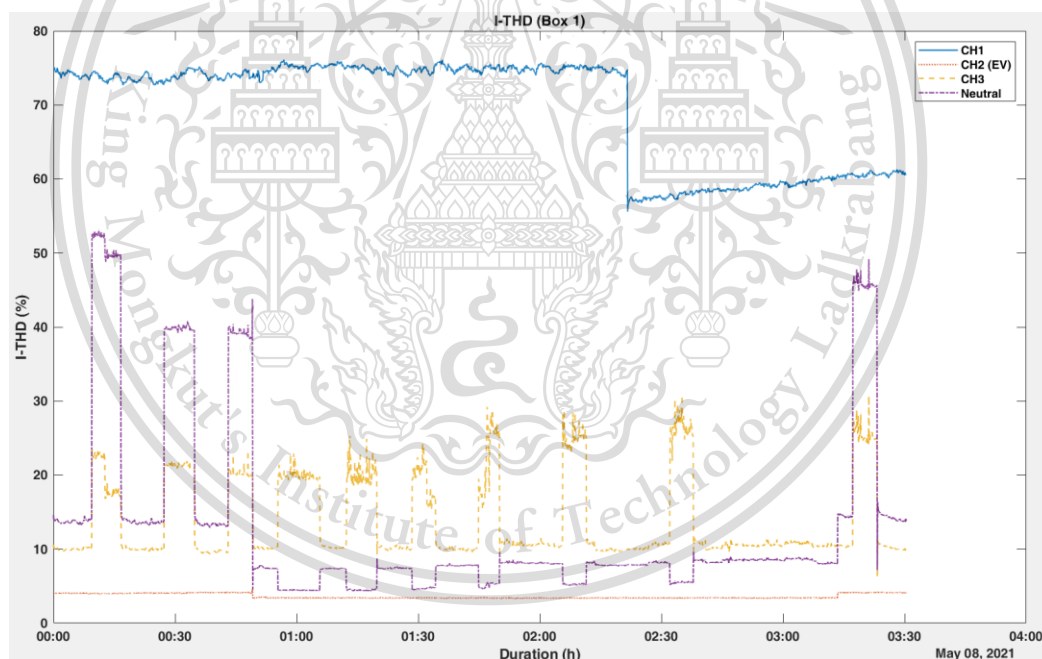
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.29 (ก) (ข) (ค) กระแสอาร์เอมเอสใน CH2 มีลักษณะเป็นแบบ Square Wave ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ในช่วงที่ก่อนชาร์จ ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสอาร์เอมเอสคงที่ที่ ประมาณ 4.5 A โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:00-00:50 ในรูป (ก) 00:00-01:05 ในรูป (ข) และ 00:00-00:30 ในรูป (ค) ในช่วงระหว่างชาร์จยานยนต์ ไฟฟ้าจะมีค่าอาร์เอมเอสคงที่ที่ ประมาณ 34 A ของทั้งสาม Wall Box โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:50-03:13 ในรูป (ก) 01:05-03:25 ในรูป (ข) 00:30-02:50 ในรูป (ค) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ค่ากระแสอาร์เอมเอสจะปรับลดลงมามีค่าเท่ากับในช่วงก่อนชาร์จ

4.2.3.2 กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker

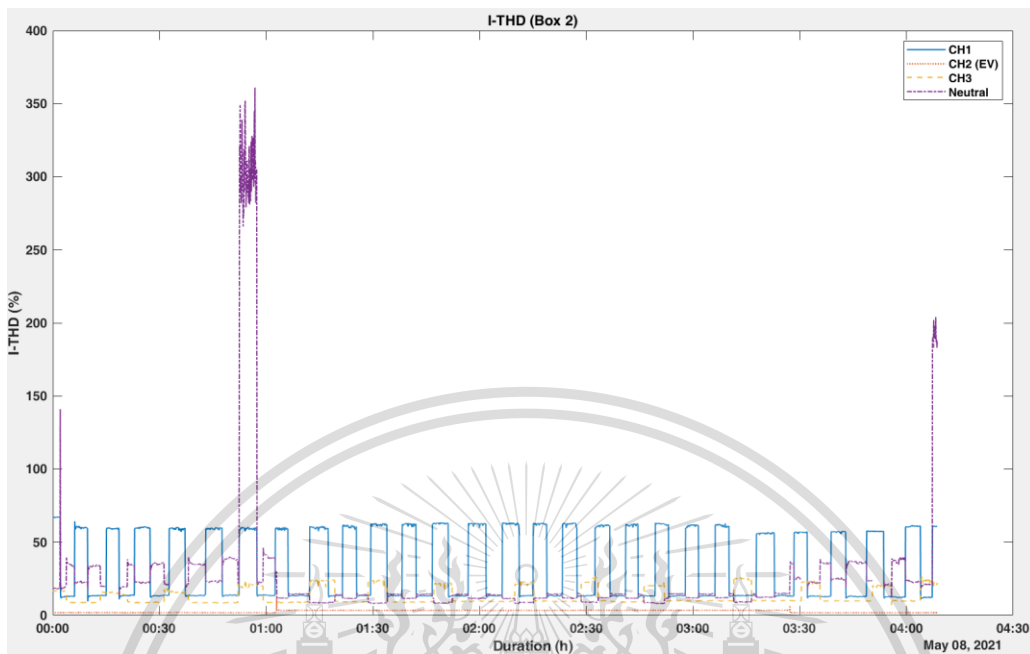


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

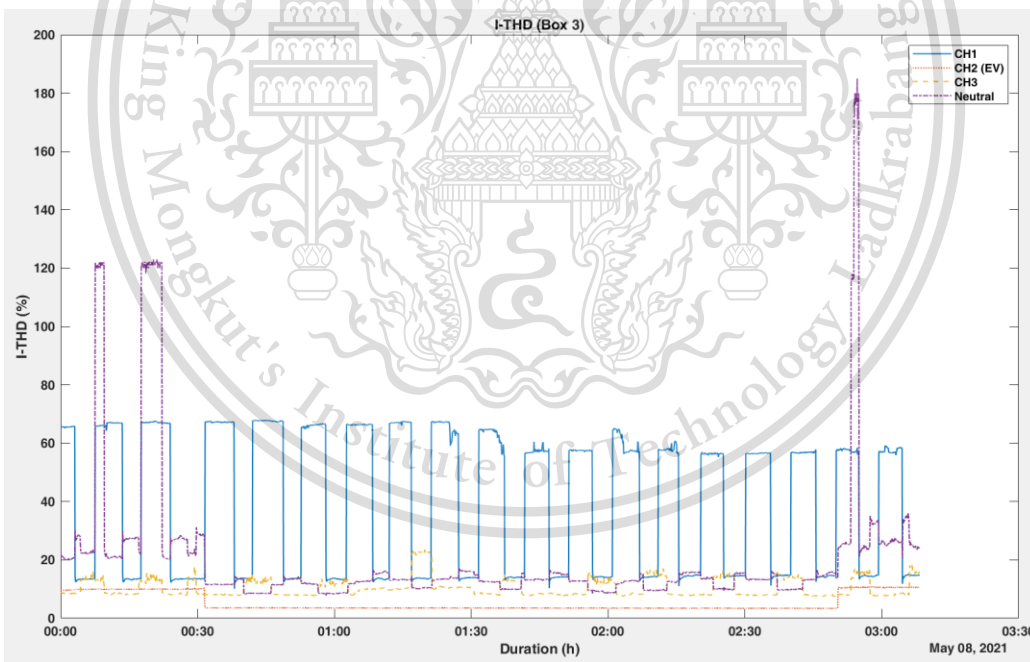
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบกระแสทีเอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker

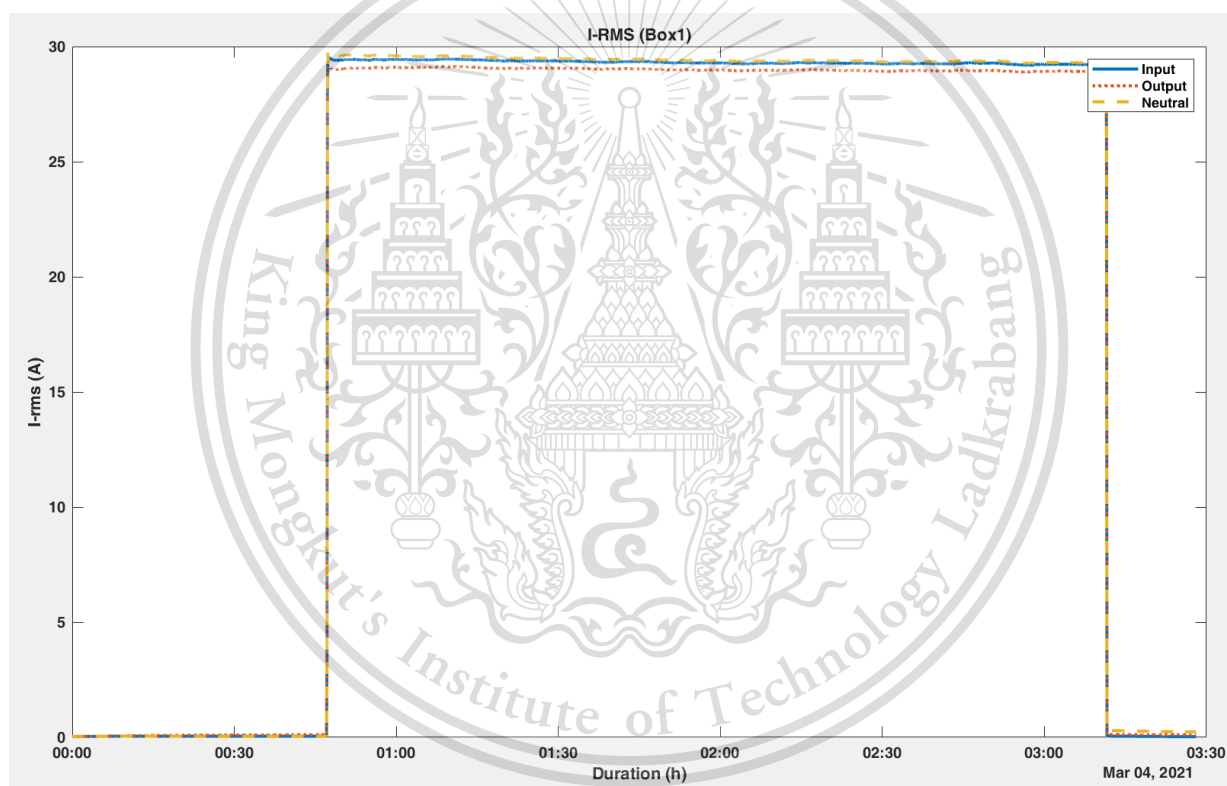
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A โดยใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.30 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ชัดว่ามีค่ากระแสทีเอสดีที่เป็นผลมาจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาการชาร์จนั้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์กระแสทีเอสดีใน CH Neutral มีการปรับตัวลดลง โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:50-03:13 ในรูป (ก) 01:05-03:25 ในรูป (ข) 00:30-02:50

4.2.3.3 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วางจอร์อินพุตและเอาต์พุต

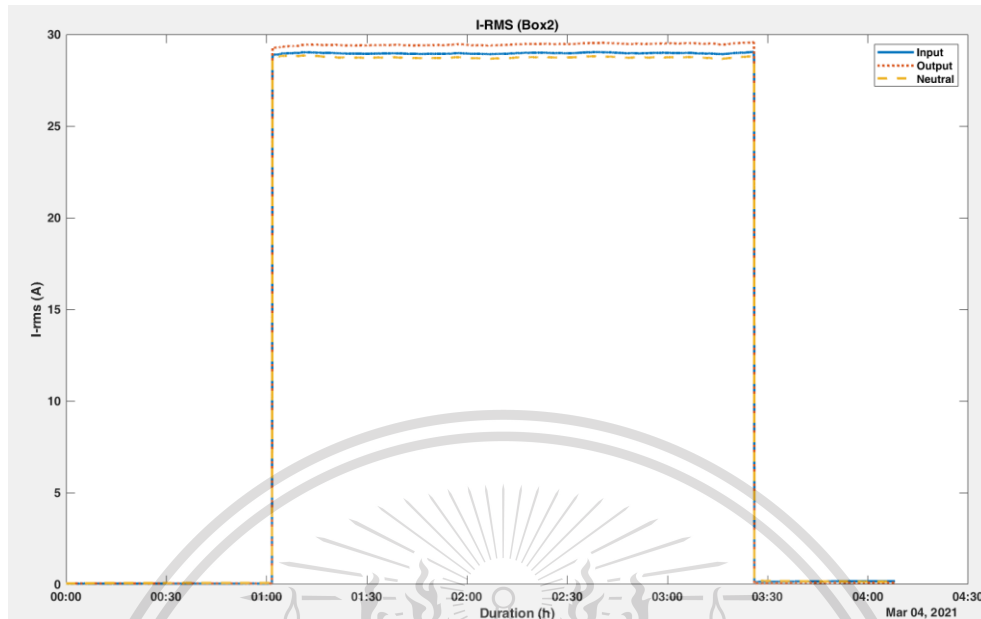


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

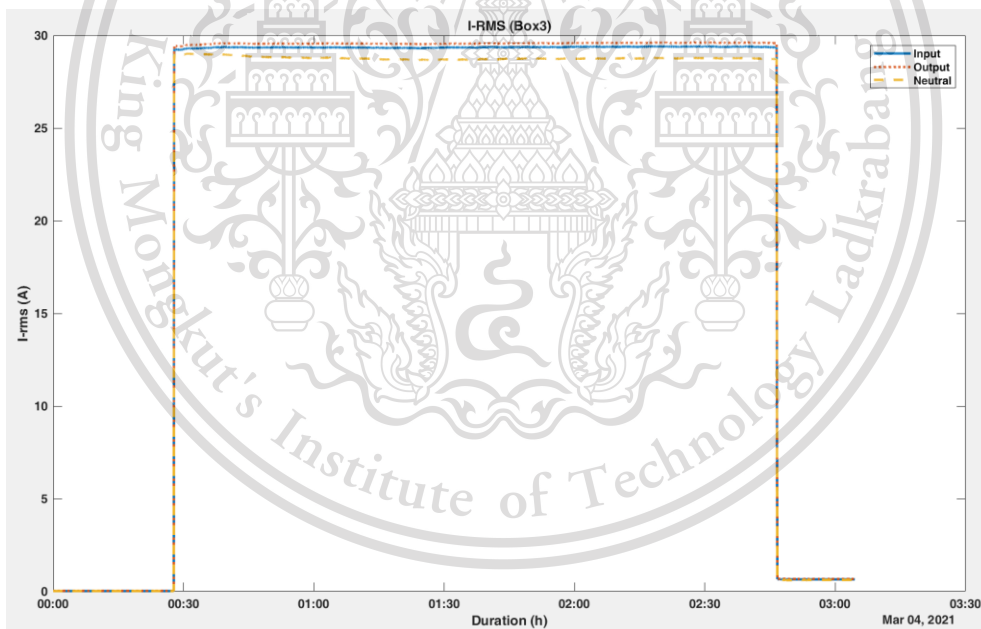
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ

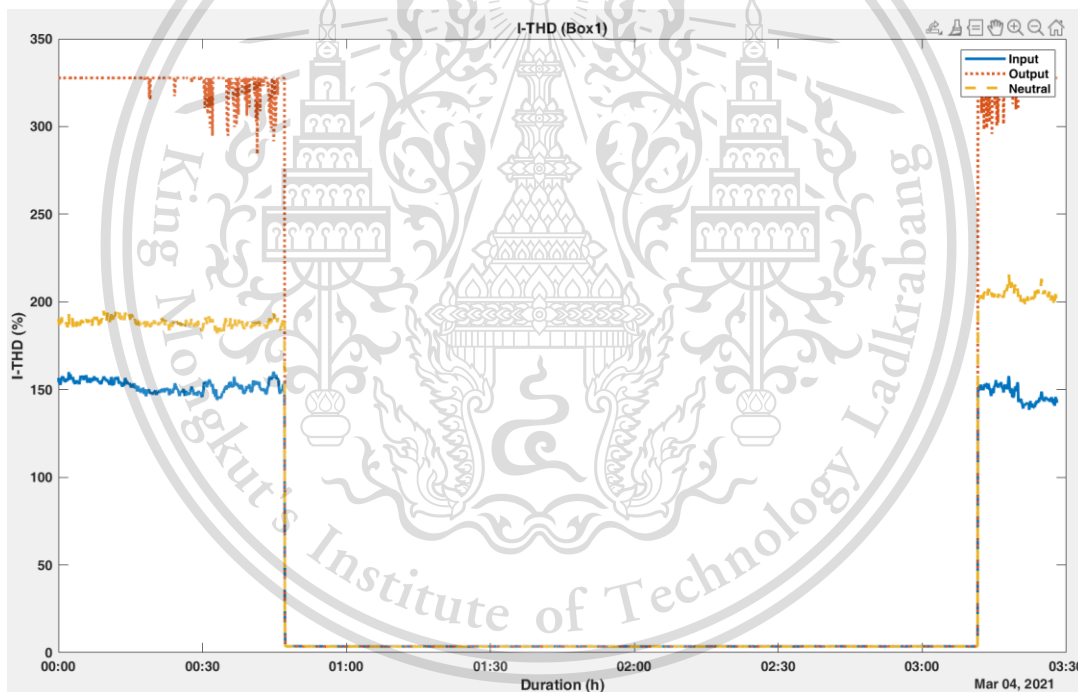
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.31 (ก) (ข) (ค) กระแสอาร์เอมเอสใน CH Input Output Neutral มีลักษณะเป็นแบบ Square Wave ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.29 ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นดังนี้ ในช่วงที่ก่อนชาร์จ ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสอาร์เอมเอสคงที่ที่ ประมาณ 4.5 A โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:00-00:50 ในรูป (ก) 00:00-01:05 ในรูป (ข) และ 00:00-00:30 ในรูป (ค) ในช่วงระหว่างชาร์จยานยนต์ ไฟฟ้าจะมีค่าอาร์เอมเอสคงที่ที่ ประมาณ 34 A ของทั้งสาม Wall Box โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:50-03:13 ในรูป (ก) 01:05-03:25 ในรูป (ข) 00:30-02:50 ในรูป (ค) จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ค่ากระแสอาร์เอมเอสจะปรับลดลงมามีค่าเท่ากับในช่วงก่อนชาร์จ

4.2.3.4 กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุต

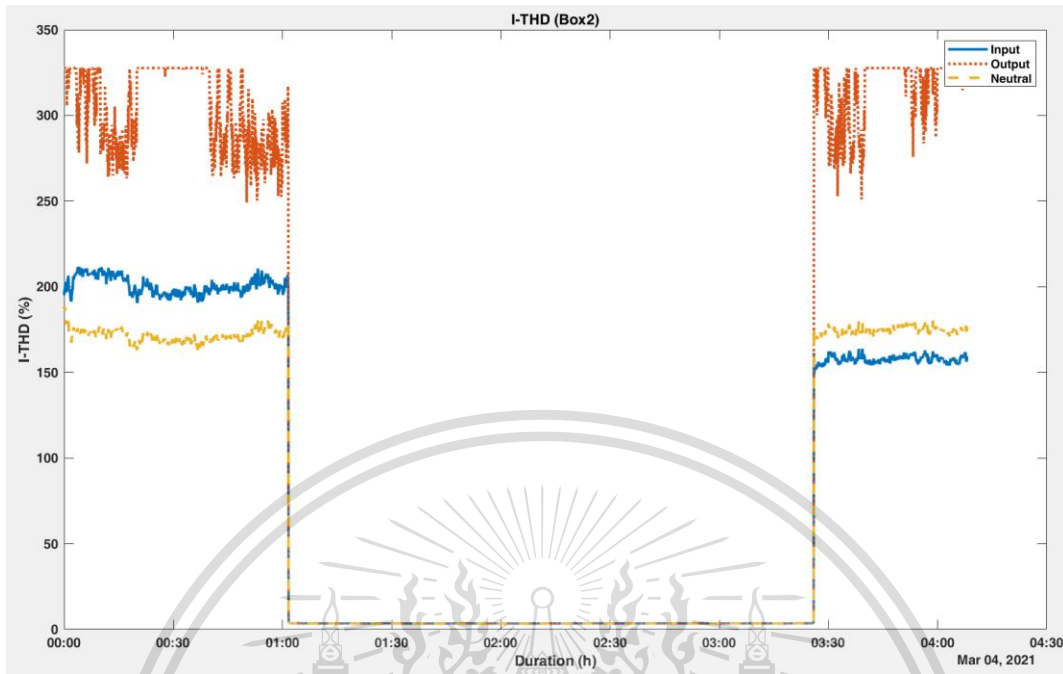


(ก) กราฟกระแสทีเอชดีจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

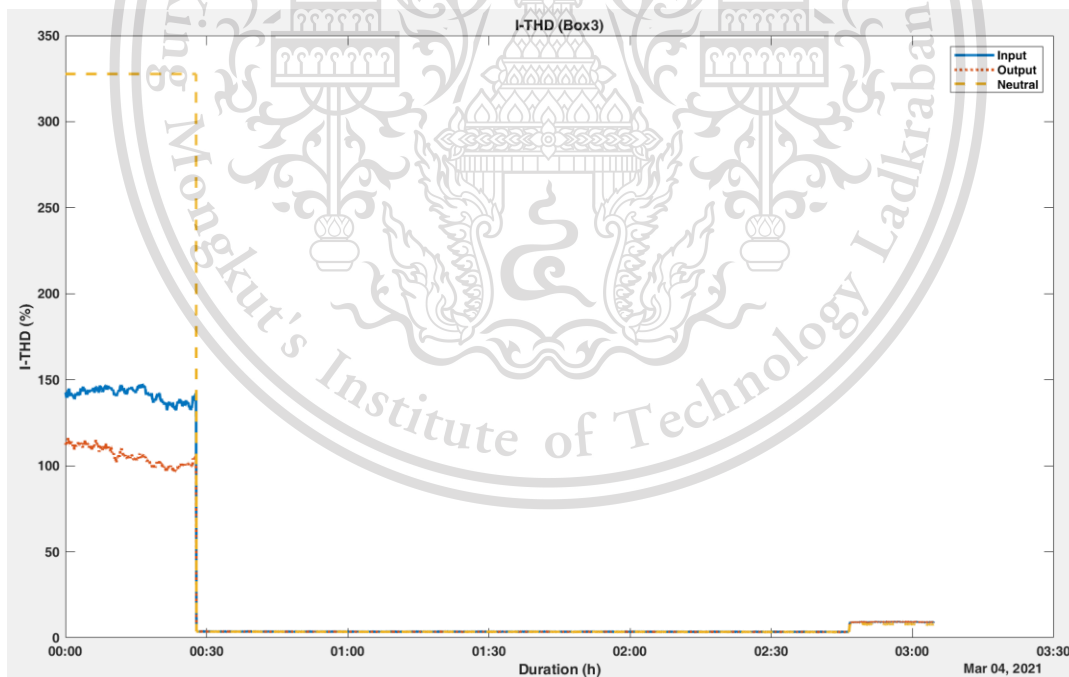
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสที่เอสดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตัวที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสที่เอสดีจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตัวที่ 3 (Box 3)

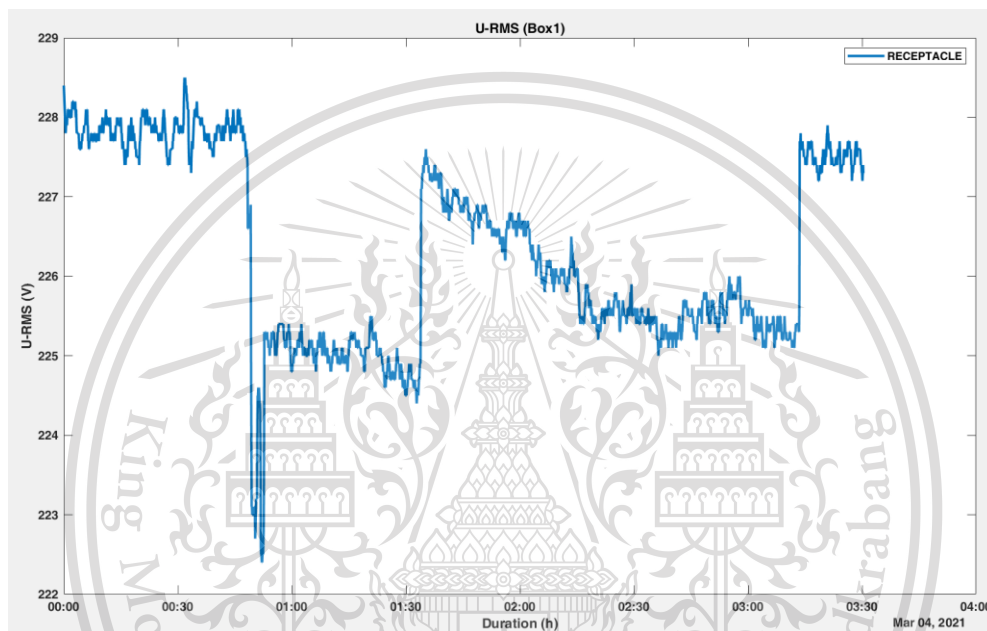
รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอสดี ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.32 (ก) (ข) (ค) กระแสทีเอสดีของ Input Output Neutral จะมีค่าสูงช่วงที่ก่อนชาร์จ ยานยนต์ไฟฟ้าและหลังจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าเสร็จสิ้น ส่วนในระหว่างการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสทีเอสดี เป็นศูนย์

4.2.3.5 แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรได้รับ

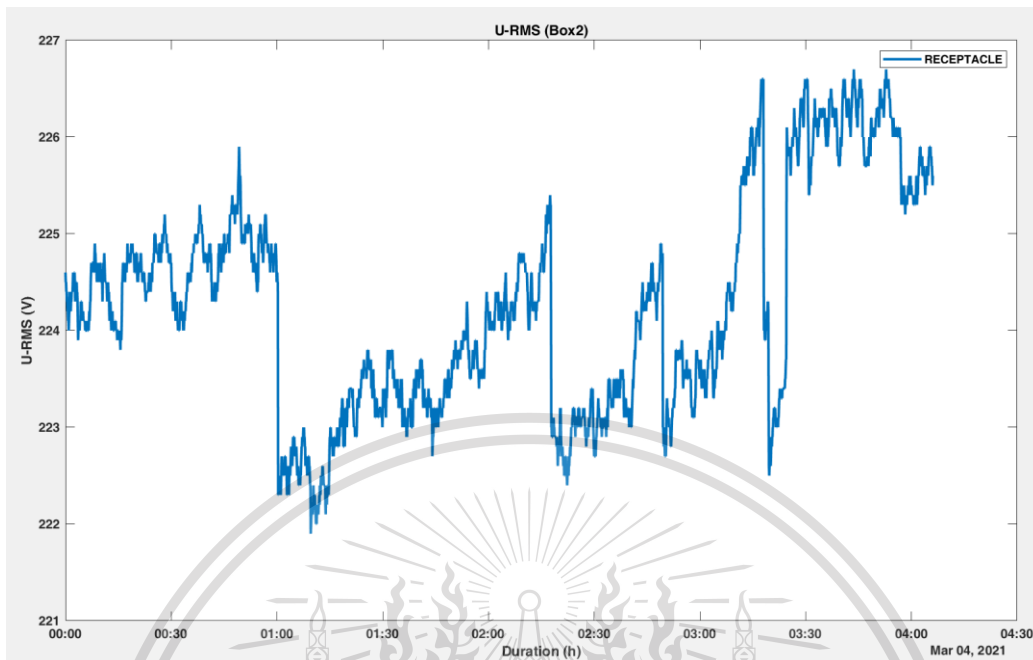


(ก) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

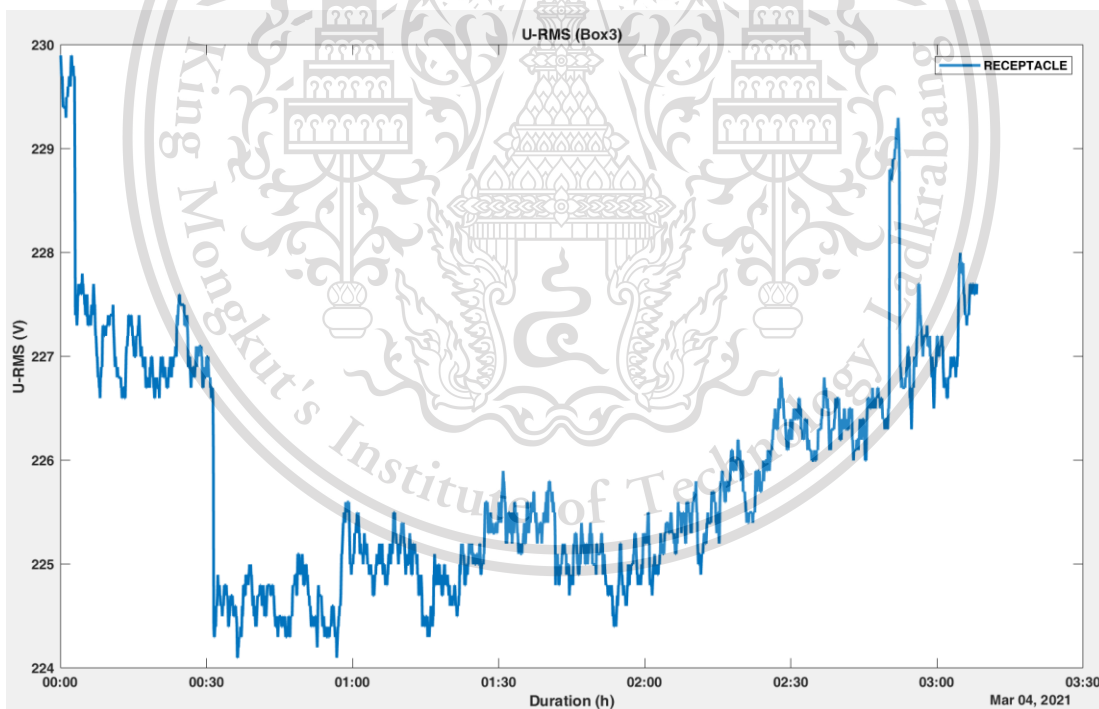
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรเต้ารับ

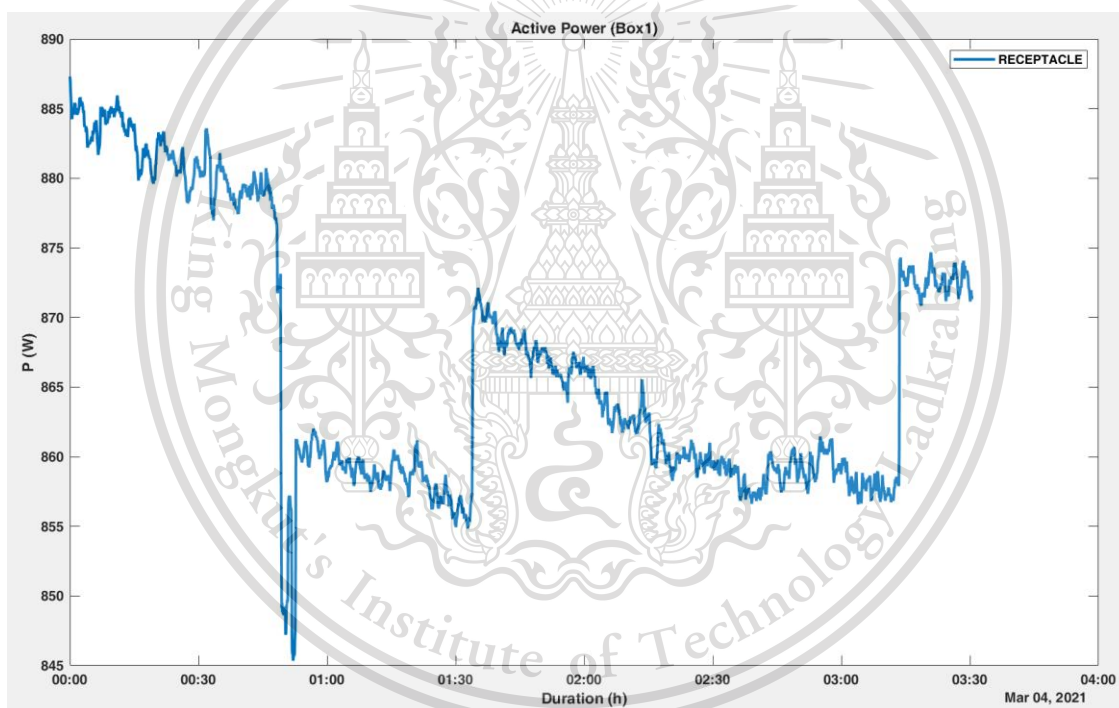
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.33 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟแรงดันอาร์เอ็มเอสมีการสวิงของแรงดันอยู่ในช่วง 222V ถึง 230V ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งสามกราฟมีการสวิงของแรงดันอาร์เอ็มเอสไม่เกิน 5%

4.2.3.6 กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรได้รับ

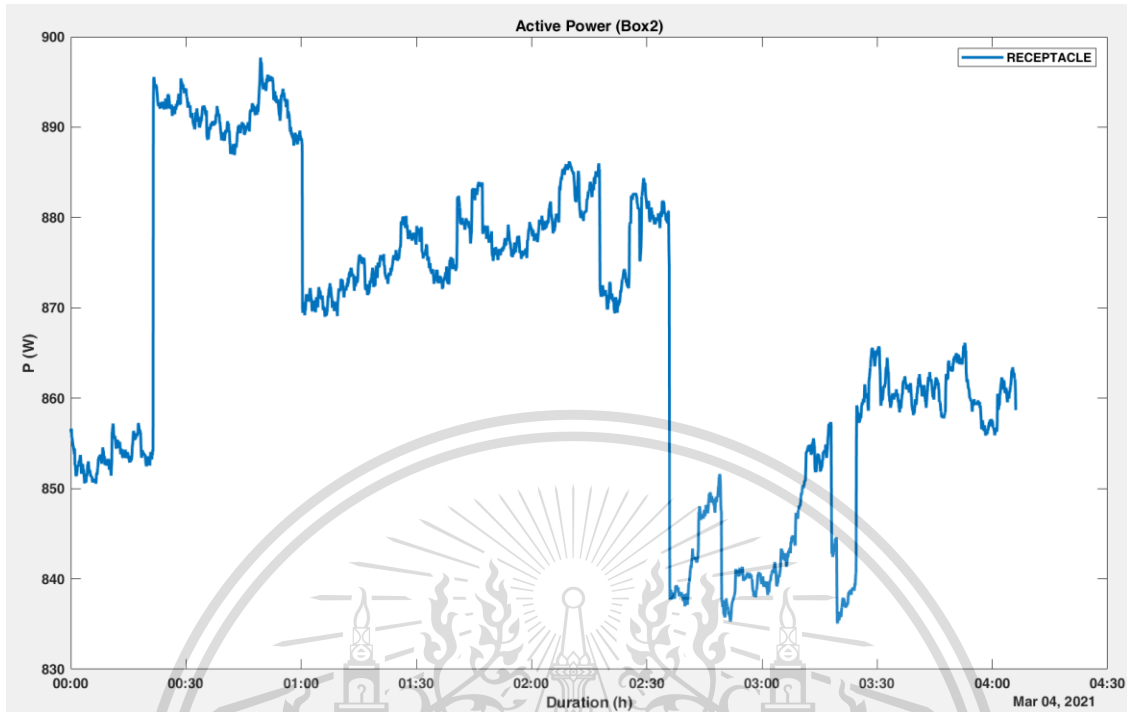


(ก) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

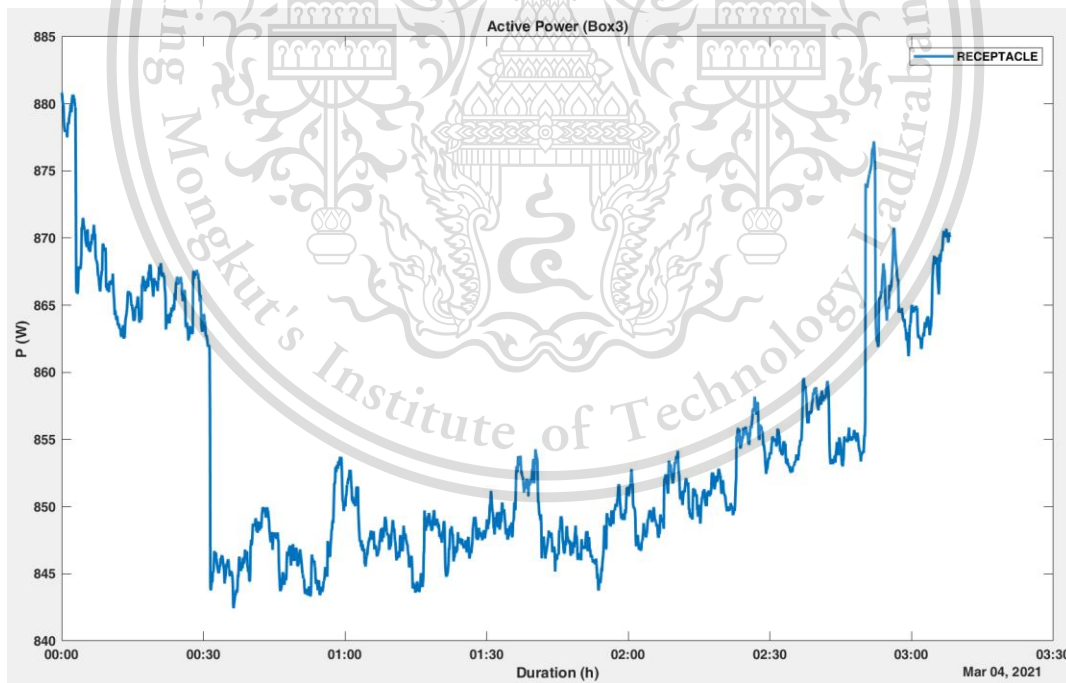
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกำลังไฟฟ้าจริงจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.34 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรเต้ารับ

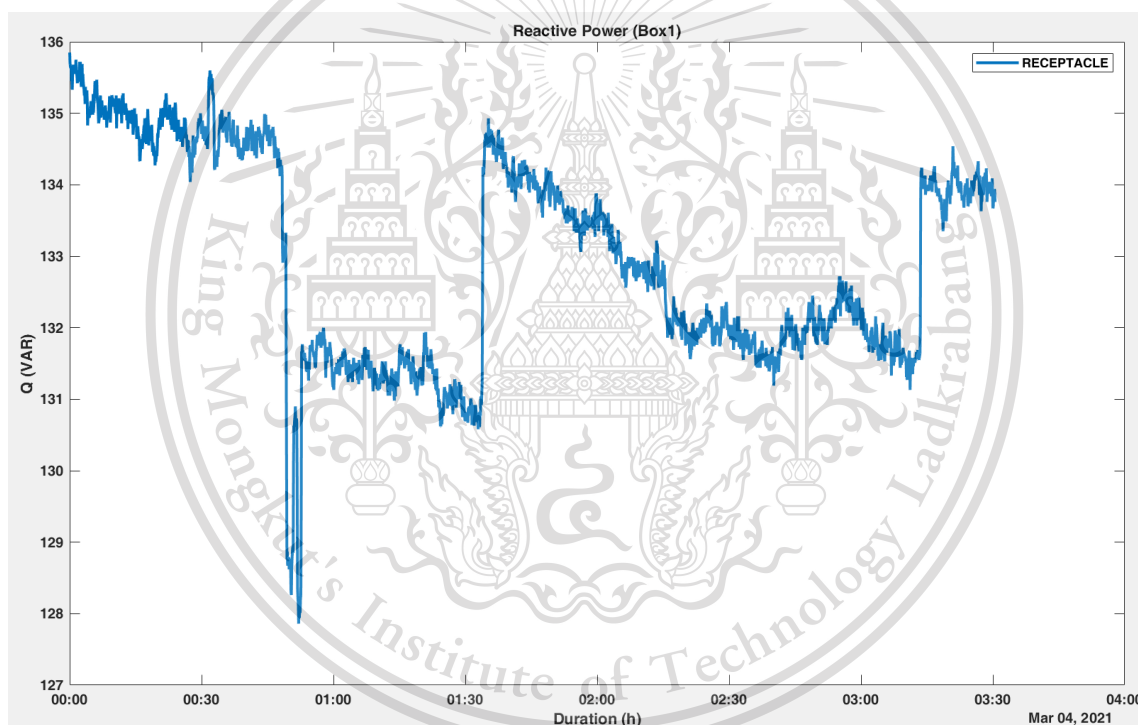
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.34 (ก) (ข) (ค) จะเห็นได้ว่ากราฟกำลังไฟฟ้าจริงมีการสวิตช์ขึ้นเนื่องจากการสวิตช์ของแรงดันอาร์เอมเอสซึ่งแสดงในรูปที่ 4.33

4.2.3.7 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรได้รับ

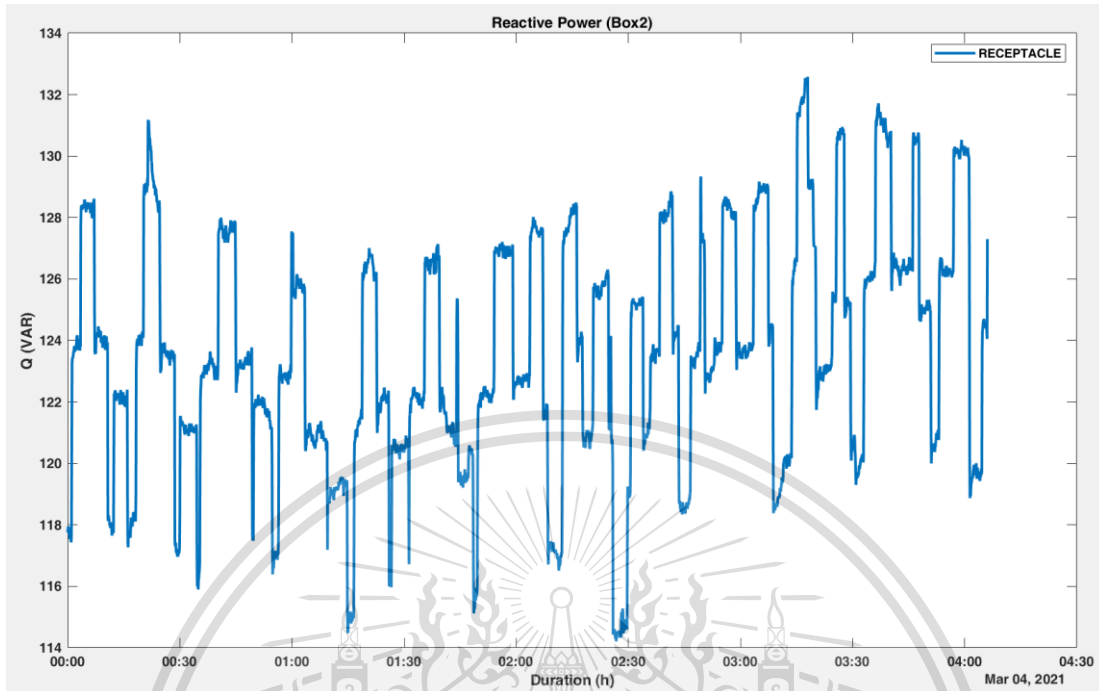


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Wall Box 32 A ตู้ที่ 1 (Box 1)

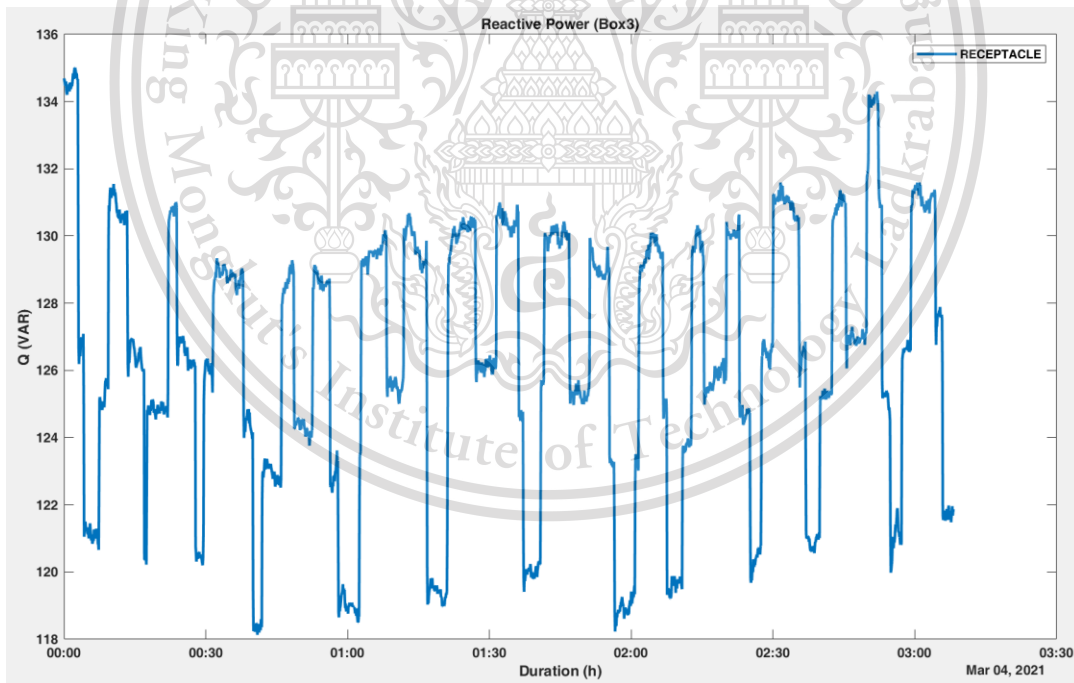
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 2 (Box 2)



(ค) กราฟกระแสอาร์เอมเอสจากการชาร์จ Wall Box 32 A ตู้ที่ 3 (Box 3)

รูปที่ 4.35 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟรีแอกทีฟ ที่วงจรได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูป 4.35 (ก) (ข) (ค) จะเห็นว่ากราฟของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟมีการสวิตช์ตัวอื่นเนื่องมาจากพฤติกรรมของยานยนต์ไฟฟ้า



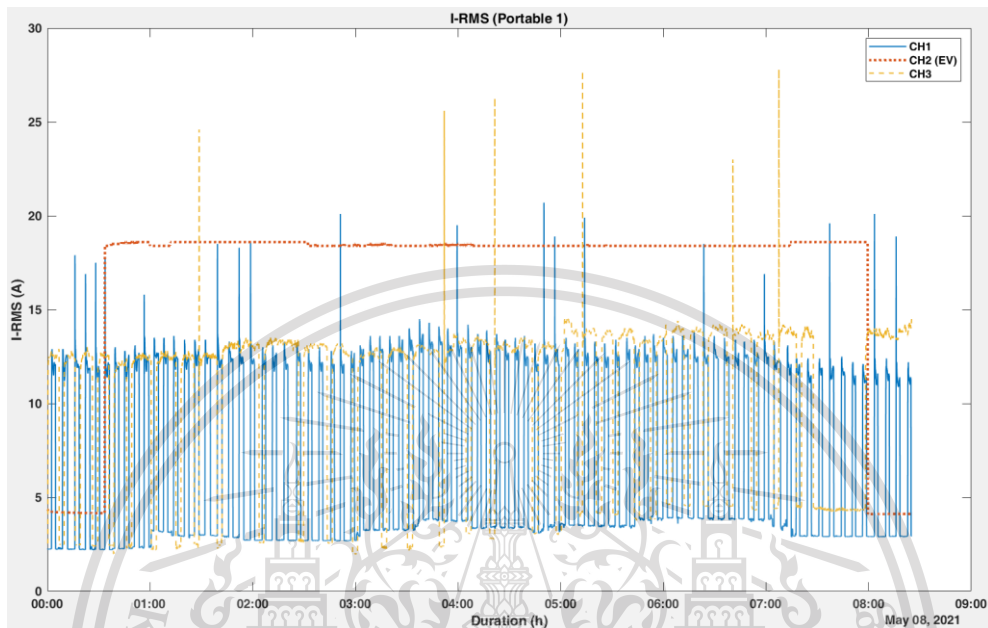
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

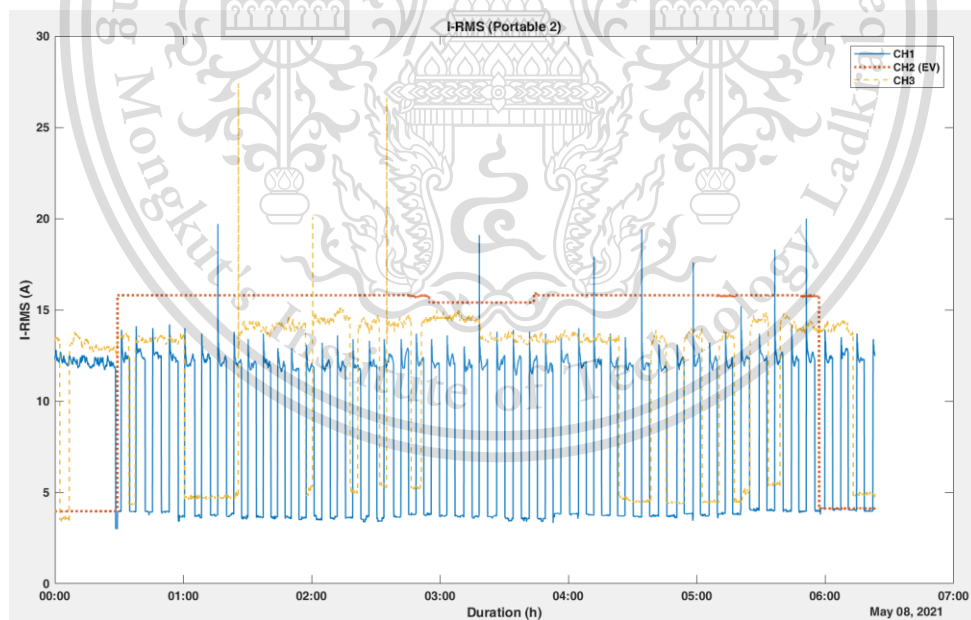
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การบันทึกผลการชาร์จ Hyundai IONIQ ไฟฟ้าด้วย Portable 32 A

4.2.3.8 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจร Main Circuit Breaker



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจร Main Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

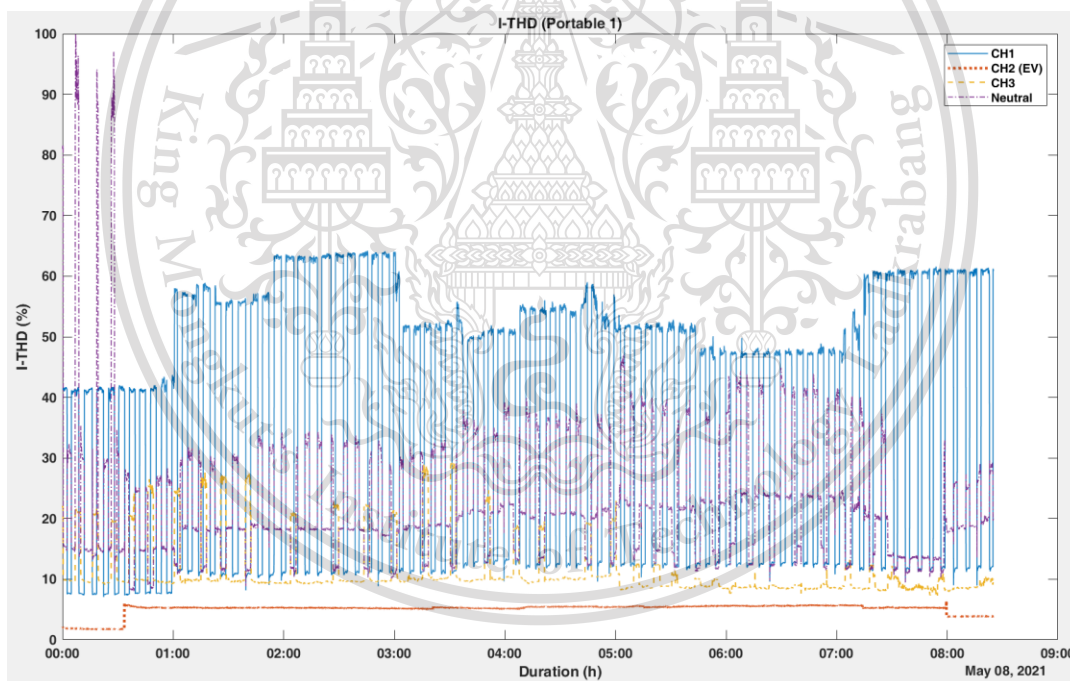
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.36 (ก) (ข) กระแสอาร์เอ็มเอสใน CH2 มีลักษณะเป็นแบบ Square Wave ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ในช่วงที่ก่อนชาร์จ ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสอาร์เอ็มเอสคงที่ที่ ประมาณ 4.5 A โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:00-00:30 ในรูป (ก) และ (ข) ในช่วงระหว่างชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าอาร์เอ็มเอสคงที่ที่ ประมาณ 18 A Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 ดังแสดงในรูป (ก) ในช่วง 00:30-08:00 และ ค่าอาร์เอ็มเอสคงที่ที่ ประมาณ 16 A Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 ดังแสดงในรูป (ก) ในช่วง 00:30-06:00 จากนั้นเมื่อสิ้นสุดการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า ค่ากระแสอาร์เอ็มเอสจะปรับลดลงมามีค่าเท่ากับในช่วงก่อนชาร์จ

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดของกระแสอาร์เอ็มเอสของ Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 และ Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 มีค่ากระแสอาร์เอ็มเอสที่ไม่เท่ากันอันเนื่องจากคุณภาพต่างกัน

4.2.3.9 กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วงจร Main Circuit Breaker

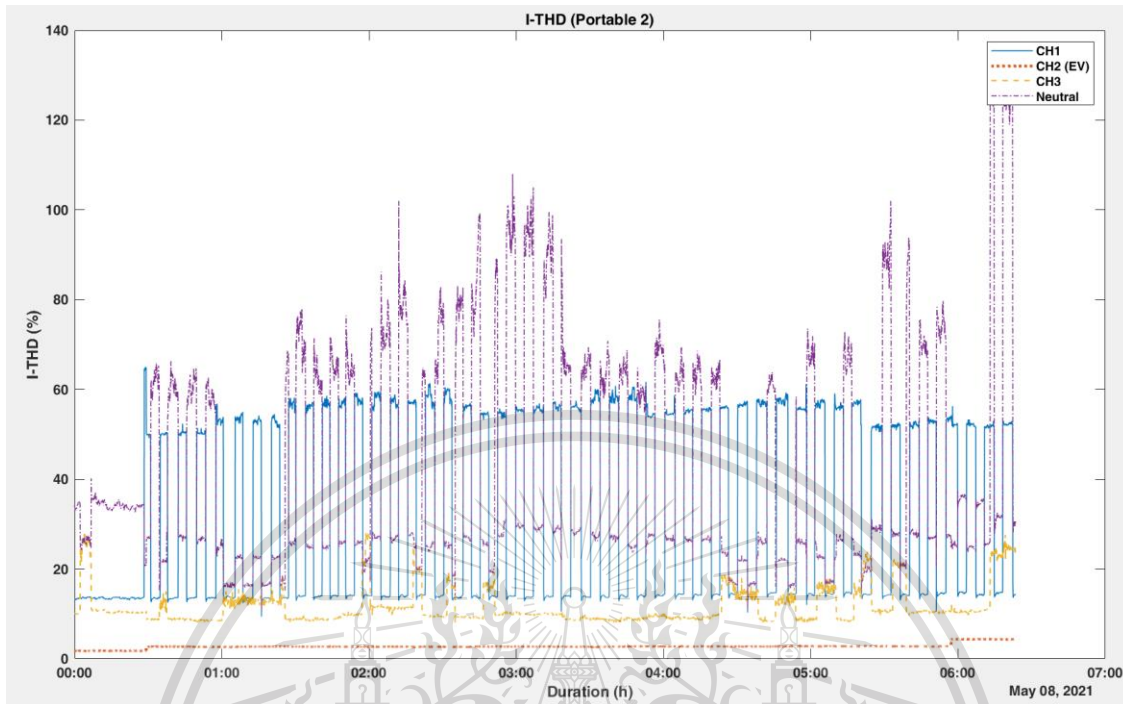


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2) รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอสดี ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A

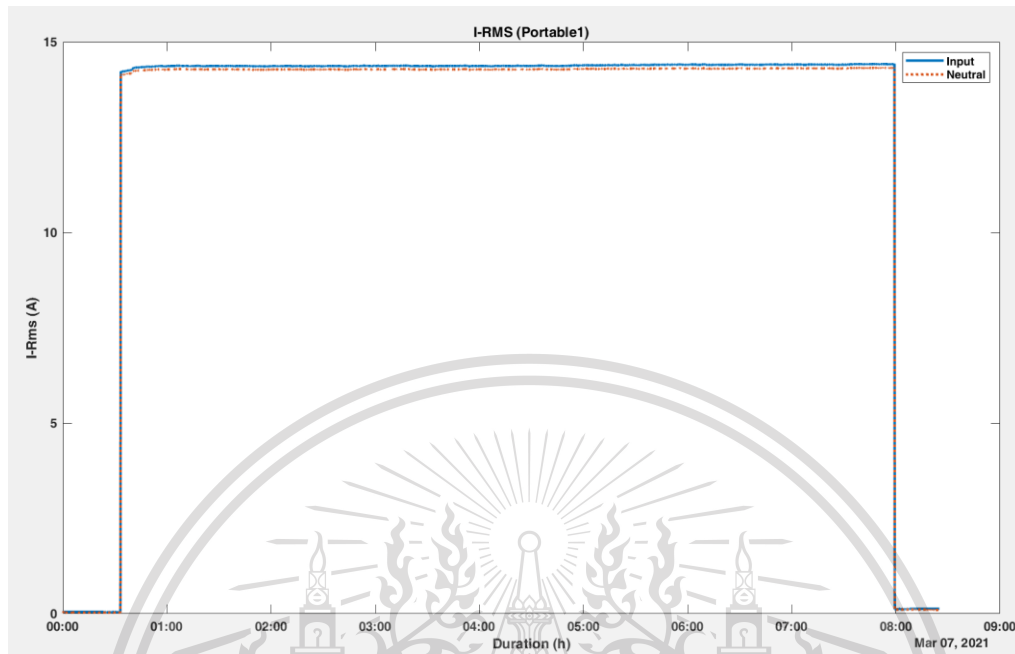
จากรูปที่ 4.37 (ก) จะเห็นได้ชัดว่ามีค่ากระแสที่เอสดีที่เป็นผลมาจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาการชาร์จนั้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์กระแสที่เอสดีใน CH Neutral มีการปรับตัวลดลง โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:50-03:13 ในรูป (ก) 01:05-03:25 ในรูป (ข) 00:30-02:50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

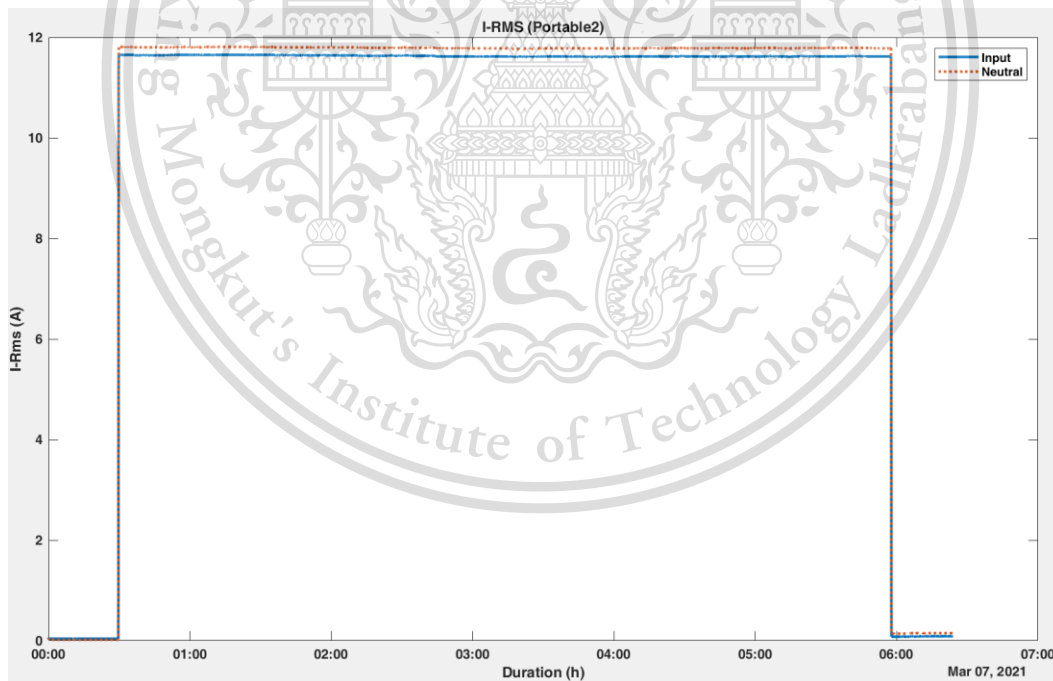
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3.10 กระแสอาร์เอ็มเอส (I-RMS) ที่วงจรอินพุต



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบกระแสอาร์เอ็มเอส ที่วงจรอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานั่นเอง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

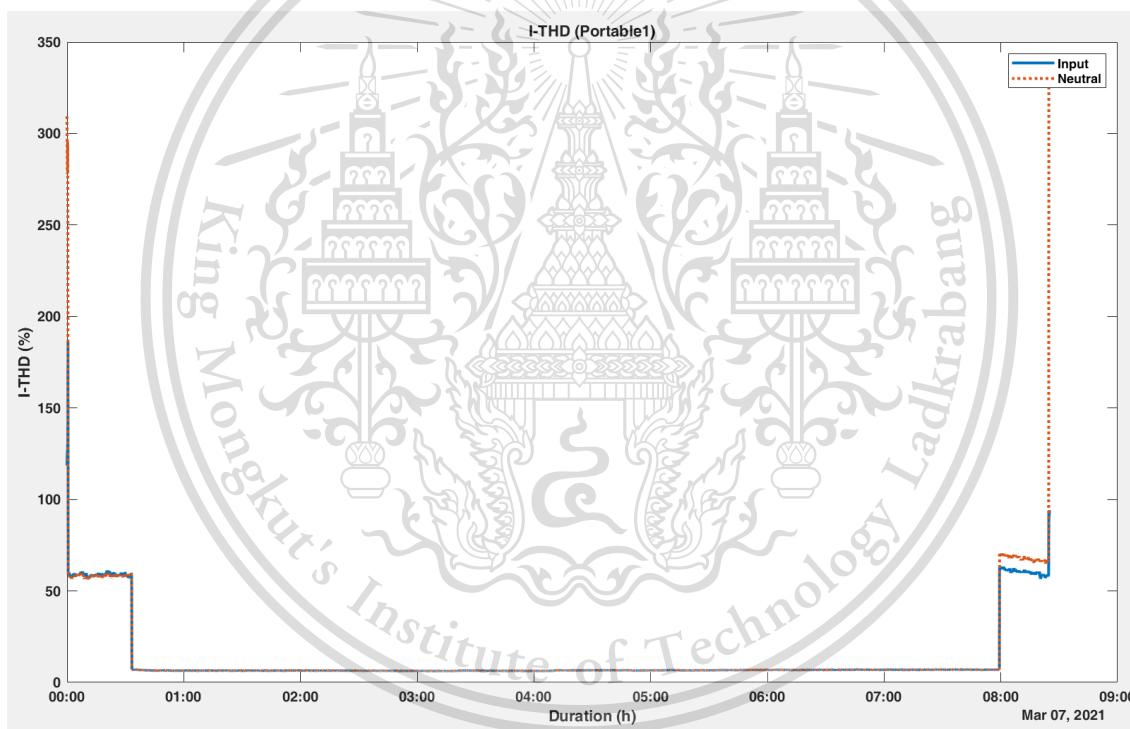
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.38 นั้นกระแสอาร์เอ็มเอสมีค่าที่ค่อนข้างคงที่ตั้งแต่เริ่มทำการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าจนสิ้นสุดการชาร์จ ซึ่งต่างจากการชาร์จด้วยรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ที่ค่อยๆลดลงเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มและไม่เกิดการ Switching

จากรูปที่ 4.38(ก)จะเห็นว่ากระแสอาร์เอ็มเอสมีค่าอยู่ที่ประมาณ 14A ส่วนรูปที่ 4.38(ข)มีค่ากระแสอาร์เอ็มเอสอยู่ที่ประมาณ 12A ซึ่งไม่ตรงกับกระแสพิคกิ้งของตู้ชาร์จทั้ง 2 รุ่น เนื่องจากอาจจะเกิดจากคุณภาพของตู้ชาร์จเอง

4.2.3.11 กระแสทีเอชดี (I-THD) ที่วางจรถอินพุต

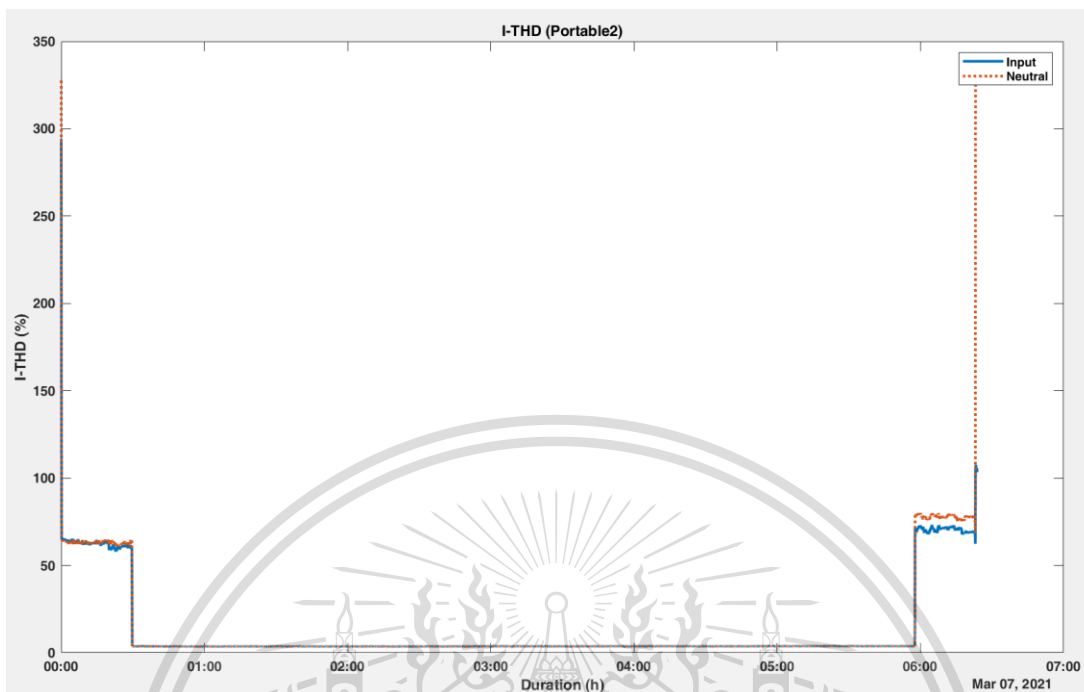


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.39 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจกรินพุต

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A

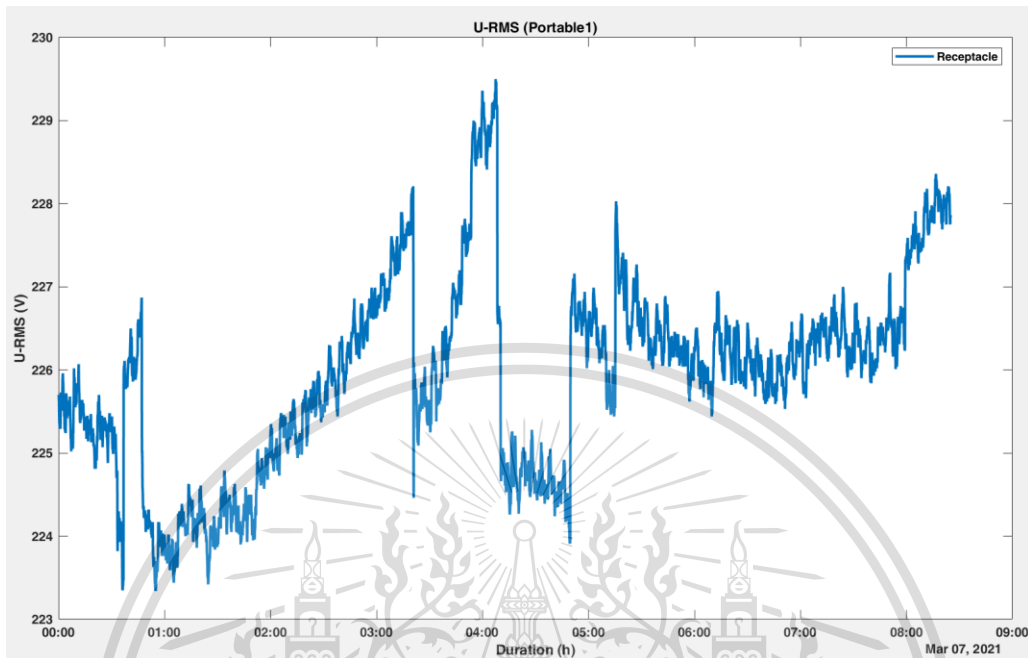
จากรูปที่ 4.39 จะพบว่ากระแสที่เอชดีขณะทำการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ นั้นมีค่าที่ค่อนข้างจะคงที่ตลอดการชาร์จและมีค่าน้อยมากจนใกล้เคียงศูนย์ทั้ง 2 กราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

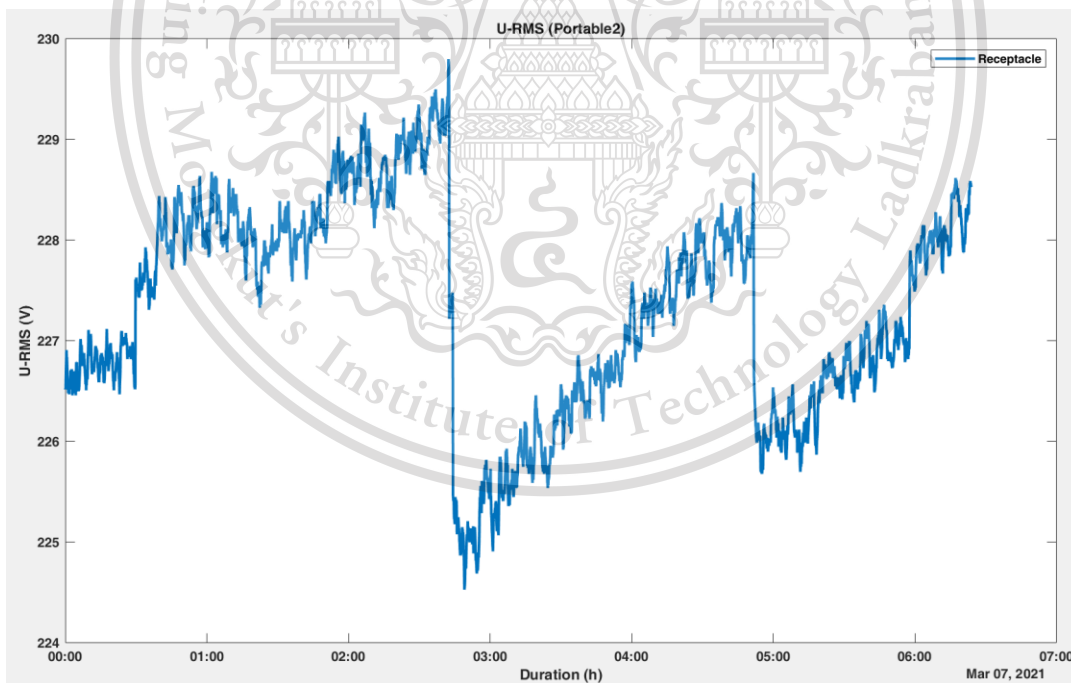
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3.12 แรงดันอาร์เอ็มเอส (U-RMS) ที่วงจรได้รับ



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.40 กราฟเปรียบเทียบแรงดันอาร์เอ็มเอส ที่วงจรได้รับ

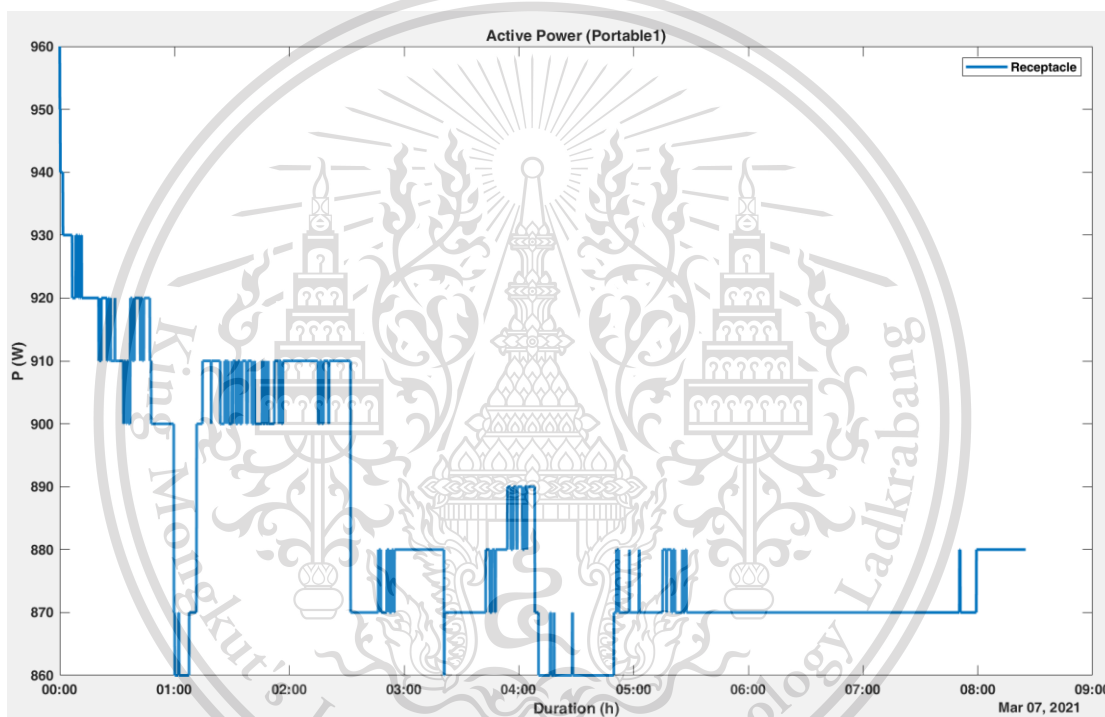
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.40 นั้น จะพบว่าวงจรเต้ารับที่อยู่ใน CH เดียวกับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้านั้นมีช่วงที่เกิดแรงดันอาร์เอ็มเอสตก โดยในรูปที่ 4.33 (ก) มีช่วงที่แรงดันอาร์เอ็มเอสตกมากพอสมควร ซึ่งค่าที่ตกไปมากที่สุดเกือบจะ 223V ส่วนรูปที่ 4.40 (ข) นั้น มีช่วงที่เกิดแรงดันอาร์เอ็มเอสตกเล็กน้อยเมื่อเทียบกับรูปที่ 4.40 (ก) ซึ่งค่าที่ตกไปมากที่สุดประมาณ 225V ซึ่งอาจจะไม่มีผลกระทบต่อโหลดอื่นมากนัก

4.2.3.13 กำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่วงจรเต้ารับ

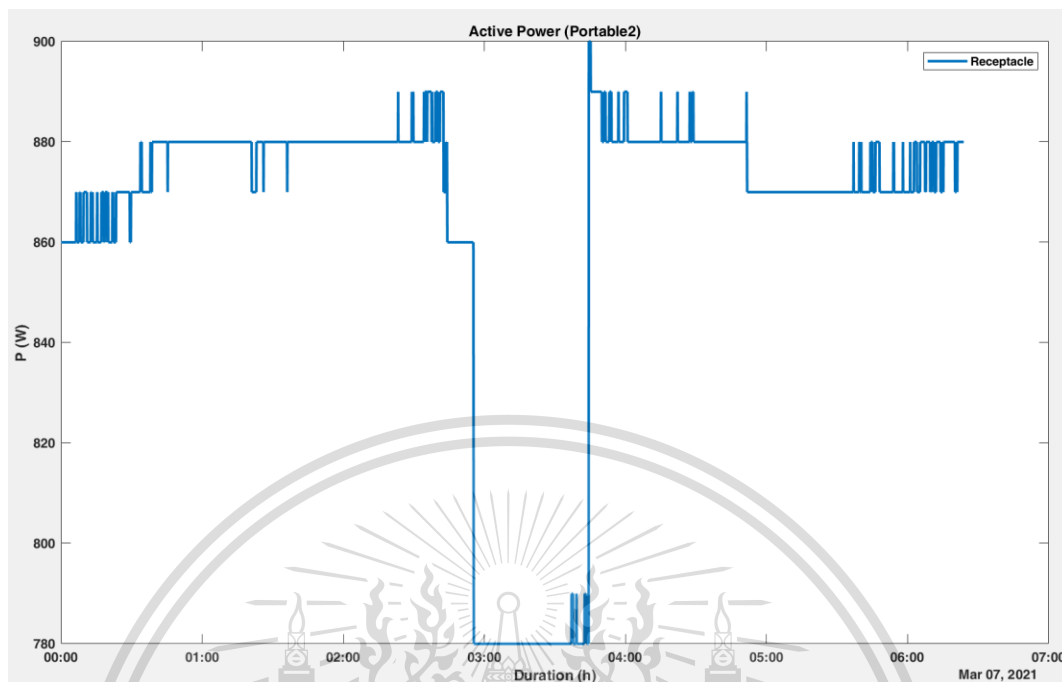


(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 1 (Portable 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตู้ที่ 2 (Portable 2)

รูปที่ 4.41 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าจริง ที่วงจรได้รับ

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A

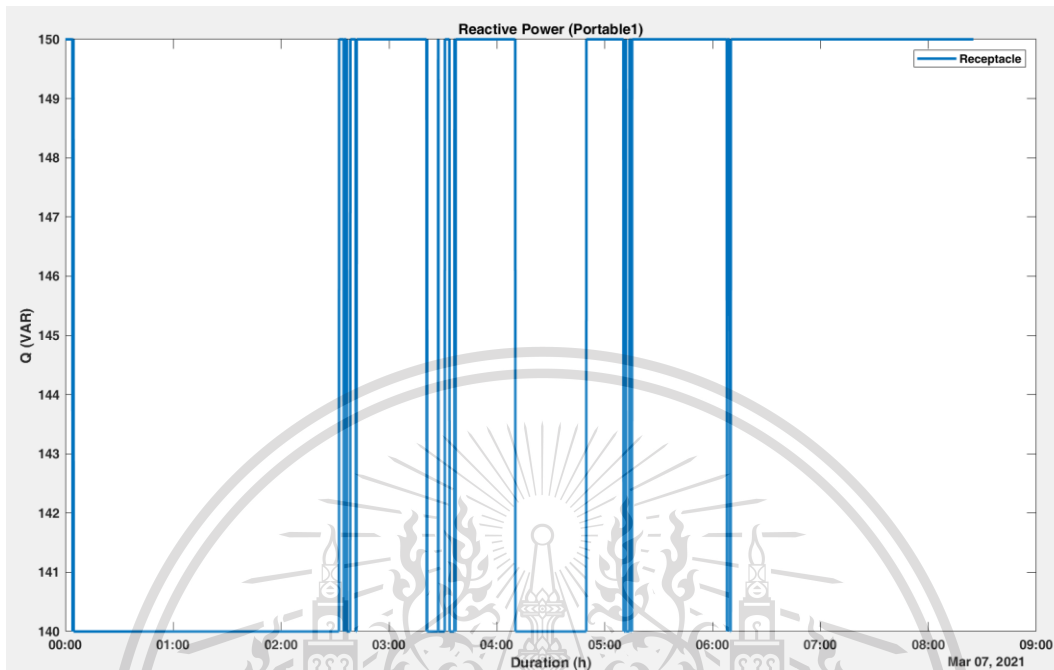
จากรูปที่ 4.41 นั้นจะพบว่าในรูปที่ 4.41(ก) นั้นจะมีการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้าสูงถึง 960 W ในช่วงเริ่มต้นและลดลงมาจนถึงช่วง 860 W ถึง 890 W และในรูปที่ 4.34(ข) มีลักษณะเป็น Square ที่จะเหวี่ยงระหว่าง 780 W ถึง 860 W เนื่องจากการเกิดแรงดันตกในบางช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

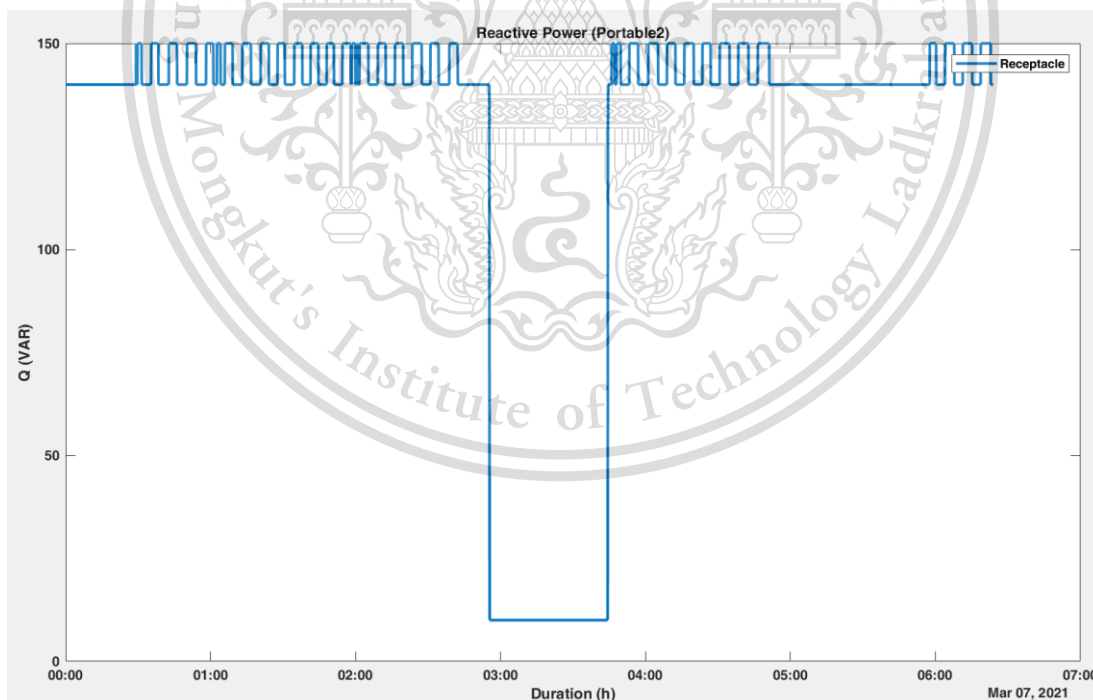
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3.14 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ที่วงจรได้รับ



(ก) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตูที่ 1 (Portable 1)



(ข) กราฟจากการชาร์จด้วย Portable Charger 16 A ตูที่ 2 (Portable 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 4.42 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ที่วงจรได้รับ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Portable Charger 16A

จากรูปที่ 4.42(ก) จะมีการเหวี่ยงของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเพียงเล็กน้อย ซึ่งอยู่ระหว่าง 140 VAR จนถึง 150 VAR แต่ 4.42(ข) ที่มีการเหวี่ยงของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่เยอะกว่าเพราะ ในช่วงเวลาประมาณชั่วโมงที่ 3 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟลดลงไปถึง 20 – 30 VAR

4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้าที่กำหนดในประเทศไทยมีราคาที่สูง ทางผู้จัดทำเลยทำการหาจุดคุ้มทุนว่า จะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้ากี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มกว่าการซื้อรถยนต์สันดาปภายใน โดยจะนำรถยนต์สันดาปภายในทั้งหมด 2 รุ่นมาเปรียบเทียบกับรถยนต์ไฟฟ้า คือ MG ZS 1.5L D+ และ BMW 320d M Sport โดยแสดงการเปรียบเทียบสเปคของรถยนต์แต่ละคันดังแสดงในตารางที่ 4.1 ด้านล่างนี้

ก่อนการคำนวณจุดคุ้มทุนจะต้องคำนวณค่าใช้จ่ายของรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์สันดาปภายในซึ่งเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

สมการคำนวณค่าใช้จ่ายรถยนต์ไฟฟ้า (EV)

$$\text{ค่าใช้จ่ายรถยนต์ไฟฟ้า} = \frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ} \times \text{ระยะทางที่ขับ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} + \text{ราคารถยนต์ไฟฟ้า} \quad (1)$$

สมการคำนวณค่าใช้จ่ายรถยนต์สันดาปภายใน (ICE)

$$\text{ค่าใช้จ่ายรถยนต์สันดาปภายใน} = \frac{\text{ราคาน้ำมัน} \times \text{ระยะทางที่ขับ}}{\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง}} + \text{ราคารถยนต์สันดาปภายใน} \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน

เปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถเพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน							
ประเภทรถ	รุ่นรถ	ราคารถยนต์ (ล้านบาท)	ความจุแบตเตอรี่ (kWh)	ระยะทางสูงสุด (km)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (km/L)	ค่าไฟฟ้า (Baht/kWh)	ค่าน้ำมัน G95 (Baht/L)
รถยนต์ไฟฟ้า	MG ZS EV	1.190	44.5	337	-	4.2	-
	Hyundai IONIQ	1.749	28	280	-	4.2	-
	BMW i3s	3.730	33.2	280	-	4.2	-
รถยนต์สันดาปภายใน	MG ZS 1.5L D+	0.739	-	-	15.6	-	27.35
	BMW 320d M Sport	2.549	-	-	22.7	-	27.35

ตารางที่ 4.2 ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร

จุดคุ้มทุน (กิโลเมตร)			
EV \ ICE	MG ZS EV	Hyundai IONIQ	BMW i3s
MG ZS 1.5L D+	376,271	757,573	2,382,877
BMW 320d	ไม่มีจุดคุ้มทุน	ไม่มีจุดคุ้มทุน	1,670,803
M Sport	(EV คู้มต่ำกว่าในทุกกิโลเมตร)	(EV คู้มต่ำกว่าในทุกกิโลเมตร)	

ซึ่งการคำนวณจุดคุ้มทุนสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกัน ดังนี้

- 1) การคำนวณจุดคุ้มทุนจากการเทียบสมการ

วิธีนี้จะเทียบให้สมการที่ (1) เท่ากับสมการที่ (2) จะได้สมการหลังจัดรูปดังนี้

$$\text{ระยะทางที่ขับ} = \frac{\text{ราคารถยนต์สันดาปภายใน} - \text{ราคารถยนต์ไฟฟ้า}}{\frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} - \frac{\text{ราคาน้ำมัน}}{\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง}}}$$

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นหน่วยกิโลเมตร และสามารถบอกเราได้ว่าจะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดกี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มค่ากับการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า

- 2) พล็อตกราฟใน MATLAB เพื่อหาจุดตัดของกราฟ

โดยจะนำสมการที่ (1) และ (2) ไปใช้ในการพล็อตกราฟใน MATLAB เพื่อหาจุดตัดของกราฟของรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์สันดาปภายใน ซึ่งโค้ดที่เขียนในโปรแกรมจะแสดงในภาคผนวก ง

จากตารางที่ 4.2 จะแสดงจุดคุ้มทุนโดยการเปรียบเทียบระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์สันดาปภายใน ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าหากซื้อรถยนต์ไฟฟ้าอย่าง MG ZS EV แทนรถยนต์สันดาปภายในอย่าง MG ZS 1.5L D+ จะต้องขับรถยนต์ MG ZS EV อย่างน้อย 376,271 กิโลเมตร ถึงจะคุ้มค่ากว่าการใช้รถยนต์สันดาปภายในอย่าง MG ZS 1.5L D+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 สรุปผลที่ได้รับจากการบันทึกผล

จากการศึกษาการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า พบว่า มีผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยกัน 5 อย่าง ได้แก่

1) เกิดช่วง Switching ของกระแส RMS เพื่อลดกระแสที่จะชาร์จเข้ารถยนต์ไฟฟ้าเมื่อแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้าใกล้เต็ม โดยลักษณะการ Switching ของกระแสจะขึ้นอยู่กับรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน สังเกตได้จาก รูปกระแส RMS ของวงจรอินพุตและเอาต์พุตของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน (รูปที่ 4.10, 4.17, 4.24, 4.31 และ 4.38)

2) การเพิ่มขึ้นชั่วขณะของฮาร์มอนิกที่นิวทรอลเมื่อมีการเริ่มชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและการหยุดชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า สังเกตได้จาก รูปกระแส THD ของวงจรที่วงจร Main Circuit Breaker ของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน (รูปที่ 4.9, 4.16, 4.23, 4.30 และ 4.37)

3) ฮาร์มอนิกโดยรวมของระบบลดลงจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากการเพิ่มโหลดที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงทำให้ฮาร์มอนิกโดยรวมของระบบลดลง สังเกตได้จาก รูปกระแส THD ของวงจรที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน (รูปที่ 4.11, 4.18, 4.25, 4.32 และ 4.39)

4) เกิด Voltage Drop เล็กน้อยที่วงจรตัวรับเมื่อมีการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า สังเกตได้จาก รูปแรงดัน RMS ของวงจรที่วงจรตัวรับ ของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน (รูปที่ 4.12, 4.19 และ 4.26)

5) เกิดช่วงลดลงของแรงดันไฟฟาร์แอดทีฟ (Q) ที่วงจรตัวรับ ซึ่งลักษณะการลดของแรงดันไฟฟาร์แอดทีฟขึ้นอยู่กับรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน สังเกตได้จาก รูปแรงดัน RMS ของวงจรที่วงจรตัวรับ ของรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละคัน (รูปที่ 4.14, 4.21, 4.28, 4.35 และ 4.42)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษามลกระทบการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยการทดลองชาร์จจริงกับยานยนต์ไฟฟ้าหลายรุ่นและตู้ชาร์จแบบต่างๆ เพื่อศึกษามลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในครัวเรือน โดยคณะผู้จัดทำได้สังเกตเห็นความนิยมของการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก เพราะเนื่องจากจะไม่ปล่อยมลภาวะสู่อากาศ และยังประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานอีกด้วย ซึ่งเมื่อมีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น อาจเกิดผลกระทบกับระดับครัวเรือนหรือในระดับประเทศ โดยผู้จัดทำคาดหวังว่าโครงการวิจัยนี้จะทำให้ทั่วโลกได้ทราบมากขึ้นถึงผลกระทบเหล่านี้และเตรียมความพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเป็นทางเลือกใหม่ของยานพาหนะที่จะเกิดขึ้นในภายภาคหน้า

เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นทางผู้จัดทำได้แบ่งการบันทึกผลการทดลองออกเป็นการชาร์จมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าจำนวน 2 คัน ยานยนต์ไฟฟ้าจำนวน 3 คันได้แก่ นอกจากนี้ยังมี Wall Box 32A ต่างยี่ห้อจำนวน 3 ตัว Portable 16 A จำนวน 2 ตัว เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของโหลดยานยนต์ไฟฟ้าที่มีต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในครัวเรือน โดยทำการบันทึกผลและวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้า จากกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

1. การบันทึกผลจากแบบจำลองพฤติกรรมของโหลดภายในที่อยู่อาศัยสำหรับการชาร์จมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า โดยแบบจำลองโหลดภายในที่อยู่อาศัย แบ่งออกเป็น แบบจำลองโหลดวันธรรมดา และแบบจำลองโหลดวันหยุด การทดลองจะทำการบันทึกผลการทดลองขณะ ไม่มีโหลดมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าของแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากนั้นจะทำการชาร์จมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้าในแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100 % พบว่าการชาร์จมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้านั้นส่งผลให้เกิดกระแสที่เอชดีและกำลังไฟฟารีแอกทีฟในวงจรเต้ารับเพิ่มขึ้นในระหว่างการชาร์จมอเตอร์ไซด์ไฟฟ้า
2. การบันทึกผลพฤติกรรมของโหลดยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จด้วย Wall Box 32A จำนวน 3 ตัว จากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100 % โดยพบว่าประสิทธิภาพของ Wall Box 32A ทั้งสามยี่ห้อมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่พฤติกรรมของโหลดยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละคันนั้นมีพฤติกรรมต่างกัน โดยที่ MG ZS EV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนหรือเผยแพร่ข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กระแสอาร์เอมจะค่อยๆลดลง แต่ Hyundai IONIQ ตัวโหดจะตัดกระแสทันทีที่แบตเตอรี่เต็ม ถึงแม้พฤติกรรมของโหดยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 คันจะต่างกันแต่ผลกระทบทางไฟฟ้าของทั้ง 3 คันที่ผลต่อที่อยู่อาศัยเหมือนกันก็คือเกิด การเพิ่มขึ้นช่วงขณะของฮาร์โมนิกที่นิวทรอลเมื่อมีการเริ่มชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและการหยุดชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า มีฮาร์โมนิกโดยรวมของระบบลดลงจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เกิด Voltage Drop เล็กน้อยที่วงจรเต้ารับเมื่อมีการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า และเกิดช่วงลดลงของแรงดันไฟฟ้านิวทรอลที่วงจรเต้ารับ

3. การบันทึกผลพฤติกรรมของโหดยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จด้วย Portable 16 A จำนวน 2 ตัวจากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100% มีผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อที่อยู่อาศัยเหมือนกับผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32A

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึกผลอาจมีความคลาดเคลื่อนได้
2. สามารถพัฒนาและออกแบบระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยให้รองรับการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าได้
3. การบันทึกผลการบันทึกผลพฤติกรรมของโหดยานยนต์ไฟฟ้าไม่ได้มีการควบคุมพฤติกรรมโหด ส่งผลให้ไม่สามารถศึกษาผลกระทบทางไฟฟ้าในวงจรใช้ไฟฟ้าอื่นได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Alexandre Lucas, Fausto Bonavitacola, Evangelos Kotsakis, and Gianluca Fulli “Grid harmonic impact of multiple electric vehicle fast charging” **Electric Power Systems Research** 127 (2015) 13–21
- [2] N.B.G. Brinkel, M.K. Gerritsma, T.A. AlSkaif, I. Lampropoulos, A.M. van Voorden, H.A. Fidler, and W.G.J.H.M. van Sark “Impact of rapid PV fluctuations on power quality in the low-voltage grid and mitigation strategies using electric vehicles” **Electrical Power and Energy Systems** 118 (2020) 105741
- [3] R. J. C. Pinto, J. Pombo, M. R. A. Calado, and S. J.P. S. Mariano “An Electric Vehicle Charging Station: Monitoring and Analysis of Power Quality” **2015 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE)**
- [4] Ashish Kumar Karmaker, Sujit Roy, and Md. Raju Ahmed “Analysis of the Impact of Electric Vehicle Charging Station on Power Quality Issues” **2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)**
- [5] Anamika Dubey, and Surya Santoso “Electric Vehicle Charging on Residential Distribution Systems: Impacts and Mitigations” **IEEE Access** (2015)
- [6] Math H. J. Bollen, Ratan Das, Sasa Djokic, Phil Ciufo, Jan Meyer, Sarah K. Rönnerberg, and Francisc Zavoda “Power Quality Concerns in Implementing Smart Distribution-Grid Applications” **IEEE Transactions on Smart Grid** (Volume: 8, Issue: 1, Jan. 2017)
- [7] Alireza Javadi, Auguste Ndtoungou, Handy Fortin Blanchette, and Kamal Al-Haddad “Power Quality Device for Future Household Systems with Fast Electric Vehicle Charging Station” **2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [8] Antti Supponen, Antti Rautiainen, Joni Markkula, Antti Makinen, Pertti Jarventausta, and Sami Repo “Power quality in distribution network(s) with electric vehicle charging - a research methodology based on field tests and real data” **2016 Eleventh International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)**
- [9] Tirupati Uttamrao Solanke, Vigna K. Ramachandramurthy, Jia Ying Yonga, Jagadeesh Pasupuleti, Padmanathan Kasinathanb, and Arul Rajagopalanc “A review of strategic charging–discharging control of grid-connected electric T vehicles” **Journal of Energy Storage** 28 (2020) 101193
- [10] Luigi Rubino, Clemente Capasso, and Ottorino Veneri “Review on plug-in electric vehicle charging architectures integrated with distributed energy sources for sustainable mobility” **Applied Energy** 207 (2017) 438–464.
- [11] Abdul Rauf Bhatti, Zainal Salam, Mohd Junaidi Bin Abdul Aziz, and Kong Pui Yee “A Comprehensive Overview of Electric Vehicle Charging using Renewable Energy” **International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)** Vol. 7, No. 1, March 2016
- [12] Ahmed M. A. Haidar, and Kashem M. Muttaqi “Behavioral Characterization of Electric Vehicle Charging Loads in a Distribution Power Grid Through Modeling of Battery Chargers” **IEEE Transactions on Industry Applications** (Volume: 52, Issue: 1, Jan.-Feb. 2016)
- [13] Md Shariful Islam, Junainah Sardi, and Mithulan Nadarajah “Distribution Grid Impact of Large number of EV Charging with Improved Characterization” **2017 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสถานีชาร์จรถไฟฟ้า

THE IMPACT OF ELECTRIC CHARGING STATION

ธนากร คำเหลื่อม, พิชญศม์ เจริญนิม และ วาริส รัฐภูมิ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

E-mail: tanargorn.dam001@gmail.com, pichayut.cha@gmail.com, tan_waris1@hotmail.com

บทคัดย่อ – ปริมาณนิพจน์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากสถานีชาร์จรถไฟฟ้า โดยทำการศึกษผลกระทบจากระบบไฟฟ้าชนิดได้แก่ รถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ที่ทำการเปรียบเทียบคุณภาพทางไฟฟ้ากันเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ไม่มีมีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า กรณีที่มีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 1 และกรณีที่มีการชาร์จรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าคันที่ 2 ซึ่งทำการชาร์จในเวลาเดียวกัน ใช้จำนวนโหลดอื่นที่มาก่อในระบบเท่ากัน และนำผลที่ได้จากรถมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละคันมาเปรียบกันระหว่างค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และทำการศึกษาผลกระทบจากระบบไฟฟ้า โดยการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าที่จุดต่างๆของระบบ เปรียบเทียบกันระหว่างเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละแบบ โดยเป็นการชาร์จแบบธรรมดาด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Charging) แบ่งเป็นเครื่องชาร์จ wall box พิกัดขนาด 7.2 กิโลวัตต์ จำนวน 3 เครื่อง และ เครื่องชาร์จ Portable พิกัดขนาด 3.6 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง ทั้งหมดรวมเป็น 5 เครื่อง ซึ่งจะมีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 รุ่น คือ MG ZS EV BMW i3 และ Hyundai IONIQ EV แล้วทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบของเครื่องชาร์จแต่ละแบบที่เกิดจากระบบแต่ละคัน และนำมาคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ว่าคุ้มหรือไม่ สำหรับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากระบบไฟฟ้ากับราคาของรถยนต์ไฟฟ้าเมื่อเทียบกับราคาของรถเครื่องยนต์สันดาปทั่วไป

ข้อกำหนดคีย์ – คุณภาพทางไฟฟ้า, ผลกระทบจากระบบไฟฟ้า, รถยนต์ไฟฟ้า, รถเครื่องยนต์สันดาปภายใน

I. บทนำ

เนื่องจากในช่วงเวลากว่า 70 ปีที่ผ่านมา ประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้น 2 เท่า ใช้น้ำมากกว่าเดิม 5 เท่า และเศรษฐกิจโลกโตขึ้นกว่า 10 เท่า ทำให้มีการดึงเอาทรัพยากรโลกไปใช้มากขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ อากาศ ในขณะที่เดียวกันก็มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ตามการเติบโตของอุตสาหกรรมในโลก ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยนั้นทำให้โลกมีอุณหภูมิที่ร้อนมากขึ้น เพราะมีรูโหว่ในโอโซนที่ทำให้ความร้อนเข้ามามากขึ้น แต่ไม่สามารถสะท้อนกลับไปได้ วิกฤตนี้เรียกว่า “ภาวะโลกร้อน (Climate Change)”

แน่นอนว่าปัญหา ภาวะโลกร้อน (Climate Change) ที่เกิดขึ้นมนุษย์ก็ไม่ได้เพิกเฉย โดยมีการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีมากมายที่จะบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นส่งผลทำให้มีการพัฒนาของยานยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาสมรรถนะเครื่องยนต์ที่มีการทำความเร็วได้ไม่แพ้ยานยนต์ที่ใช้น้ำมัน, ระยะทางการวิ่งที่

สามารถวิ่งได้สูงสุดตั้งแต่ 400-600 กิโลเมตร และความเร็วในการชาร์จที่ในปัจจุบันยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ในปัจจุบัน การชาร์จเพียง 30 นาที ก็สามารถวิ่งได้ไกลถึง 200-300 กิโลเมตร ไม่แปลกเลยที่การพัฒนาของยานยนต์พลังงานไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ในปัจจุบันส่งผลให้มีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้นอย่างมาก ทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องพร้อมรับกับการเพิ่มขึ้นนี้ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างสถานีชาร์จเพิ่มขึ้น การสำรองไฟฟ้าสำหรับผู้ชาร์จ เป็นต้น

จากผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่กล่าวมาและการเพิ่มขึ้นของการใช้ยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ที่กล่าวมา ส่งผลให้รัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหาผลกระทบทางอากาศ และภาวะโลกร้อน จึงส่งเสริมให้ประชาชนเปลี่ยนการใช้รถยนต์จากยานยนต์พลังงานสันดาปภายในมาเป็นยานยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยประเทศไทยมีการส่งเสริมการลงทุนในรถยนต์ไฟฟ้าให้แก่ผู้ผลิต ทั้งการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล ยกเว้นอากรการนำเข้าพวกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ โดยผู้ผลิตต้องยื่นเข้ารับการส่งเสริมแก่ BOI และยังมีมาตรการในการลดภาษีสรรพสามิต และทำให้ผู้บริโภคหาซื้อรถยนต์ไฟฟ้าได้ในราคาที่ถูกลง โดยภาครัฐมีเป้าหมายในการส่งเสริมการใช้รถยนต์ไฟฟ้าแบบไฮบริดปลั๊กอิน และรถยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่รวมทั้งสิ้น 1.2 ล้านคันในปี พ.ศ. 2579 จึงส่งผลให้เกิดการใช้รถไฟฟ้าต่อครัวเรือนมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องจากยานยนต์พลังงานไฟฟ้า นั่นถือว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานเยอะ ทำให้การไฟฟ้าต้องจ่ายมาให้บ้านเราเยอะขึ้น (กรณีชาร์จยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ภายในที่อยู่อาศัย) ขนาดของสายไฟในปัจจุบันก็ต้องใหญ่ขึ้น หม้อแปลง อุปกรณ์ตัดไฟ เต้าเสียบต่างๆก็ต้องใหญ่ขึ้นตาม ดังนั้น ถ้าคนส่วนมากหันมาใช้ ยานยนต์พลังงานไฟฟ้า ราคาของโครงสร้าง (Infrastructure Cost) จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก

II. การทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

A. การออกแบบโมเดลบ้านจำลอง

การออกแบบโมเดลบ้านจำลองขึ้นมา โดยภายในบ้านประกอบด้วยโหลด หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้ คือ เครื่องปรับอากาศ 1 ตัว, พัดลม 2 ตัว, โน้ตบุ๊ก 1 เครื่อง, ตู้เย็น 1 ตู้, โทรทัศน์ 1 เครื่อง, ไฟห้องรับแขก 6 หลอด, ไฟห้องนอน 2 หลอด และ โทรศัพทมือถือ 2 เครื่อง

โดยเลือกเฉพาะโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำนวนเวลาการใช้งานเป็นประจำทุกวันและใช้งานเป็นเวลานาน เช่น ไมโครเวฟหรือกาต้มน้ำร้อน จึงไม่ถูกนำมาคิดในการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ I และ II

ตาราง I

ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันจันทร์-ศุกร์

ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในชั่วโมงต่างๆ

	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
TV																		
ตู้เย็น																		
พัดลม																		
หลอดไฟ																		
เครื่องปรับอากาศ																		
EV																		

ตาราง II

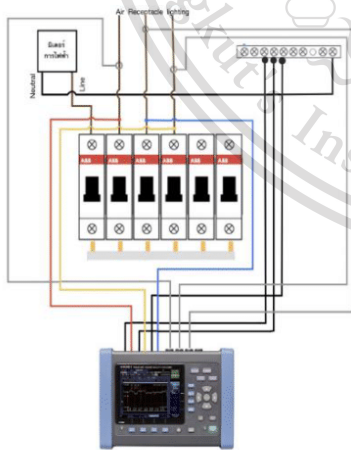
ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ของวันเสาร์-อาทิตย์

ตารางการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าในชั่วโมงต่างๆ

	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00	21:00-22:00	22:00-23:00	23:00-24:00
TV																		
ตู้เย็น																		
พัดลม																		
หลอดไฟ																		
เครื่องปรับอากาศ																		
EV																		

B. การออกแบบวงจรทดสอบ

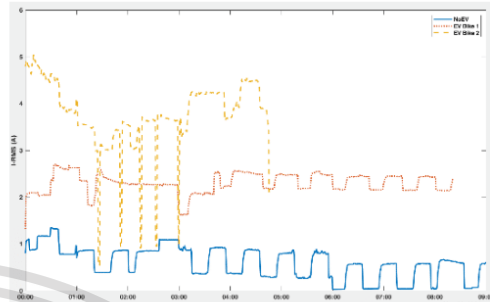
ออกแบบวงจรทดสอบ โดยประกอบด้วย 3 วงจรย่อย คือ วงจรเครื่องปรับอากาศ, วงจรแสงสว่าง และ วงจรเตารับ ซึ่งทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 โดย เฟส 1 วัดวงจรเครื่องปรับอากาศ, เฟส 2 วัดวงจรแสงสว่าง และเฟส 3 วัดวงจรเตารับ ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรการทดสอบการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

C. ผลการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

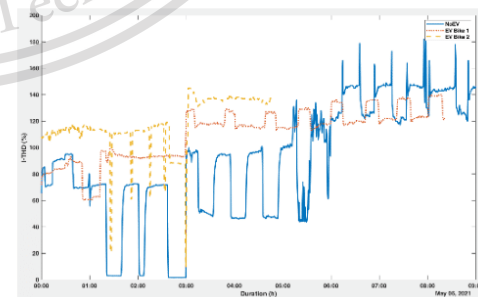
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษา จากรูปที่ 3 นั้นเป็นการเปรียบเทียบของกระแสที่เอชดีของวงจร เตารับซึ่งสามารถเห็น ได้ดังนี้ว่ากระแสที่เอชดีของวงจรเตารับนั้นจะเห็น ได้ดังรูปว่าผลที่เกิดจากกระแสที่เอชดี ช่วงเวลาประมาณ 06:30น ถึง 09:00น กับวงจรเตารับนั้นมีผลไม่สอดคล้องกับผลของกระแสที่เอชดี กับวงจร แอร์ปรับอากาศและแสงสว่างข้างต้น ซึ่งเห็น ได้ชัดว่ากรณี ไม่มีโหลดนั้น มีกระแสที่เอชดี ที่มากกว่า กรณีมีโหลดจักรยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสแอมเอสของวงจร เตารับและรถจักรยานยนต์ EV สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันหยุด

จากรูปที่ 2 จะเห็น ได้ว่าเมื่อ ไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะมีกระแสแอมเอสอยู่ที่ประมาณ 1 แอมป์ ลักษณะคล้ายกราฟ Square และเมื่อมีการใช้ โหลดเพิ่มขึ้นอย่างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้กระแสเพิ่มขึ้น สังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีกระแสแอมเอสอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.8 แอมป์ และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 (เส้นประสีเหลือง) ที่มีกระแสแอมเอสสูงสุดอยู่ที่ 5 แอมป์

เนื่องจากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 คัน มีสเปคแบตเตอรี่และอะแดปเตอร์ชาร์จที่ต่างกันทำให้พฤติกรรมของกราฟที่ต่างกัน สังเกตได้จากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 1 (เส้นสีแดงจุด) ที่มีลักษณะพฤติกรรมกระแสแอมเอส คล้ายกับพฤติกรรมขณะที่ยังไม่มีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (เส้นสีน้ำเงินทึบ) แต่การชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคันที่ 2 มีพฤติกรรมต่างกัน โดยมีการเหวี่ยงของกระแสตั้งแต่ 1 แอมป์ ถึง 3 แอมป์ ในระยะเวลาตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที ถึง ชั่วโมงที่ 3



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบค่าของกระแสที่เอชดีของวงจร เตารับและรถจักรยานยนต์ EV สำหรับการชาร์จในรูปแบบการใช้โหลดในวันหยุด

D. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เนื่องจากรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่จำหน่ายในประเทศไทยมีราคาที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันเพียงเล็กน้อย ทางผู้จัดทำเลยทำการหาจุดคุ้มทุนว่า จะต้องขับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ากี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มกว่าการซื้อรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน โดยจะนำรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันทั้งหมด 2 รุ่นมาเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า คือ Honda Wave 110i และ Yamaha FINN โดยแสดงการเปรียบเทียบสเปคของรถจักรยานยนต์แต่ละคันดังแสดงในตารางที่ III

ตาราง III

ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของจักรยานยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน

เปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถจักรยานยนต์รุ่นต่างๆเพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน						
ประเภท	รุ่นรถจักรยานยนต์	ราคา (บาท)	ความจุแบตเตอรี่ (kWh)	ระยะทางสูงสุด (km)	อัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย (km/L)	ค่าไฟฟ้า (บาท/kWh)
รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (EV)	Deco Hannah	42,900	1.20	65	-	4.2
	Yadea C-Like	43,900	1.44	80	-	4.2
	SWAG Type X	65,900	1.56	70	-	4.2
รถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน (ICE)	Honda Wave 110i	36,900	-	-	47	27.35
	Yamaha FINN	40,900	-	-	88	27.35

คำนวณจุดคุ้มทุนจากการเทียบสมการ

$$\text{ระยะทางที่ขับ} = \frac{\text{ราคารถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน} - \text{ราคารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า}}{\frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} - \frac{\text{อัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย}}{\text{ราคาน้ำมัน}}}$$

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นหน่วยกิโลเมตร และสามารถบอกเราได้ว่า จะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดกี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มกับการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า

ตาราง IV

ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร

จุดคุ้มทุน (กิโลเมตร)			
EV	Deco Hannah	Yadea C-Like	SWAG Type X
ICE			
Honda Wave 110i	11,896	13,825	59,388
Yamaha FINN	8,574	12,755	115,104

จากตารางที่ IV จะแสดงจุดคุ้มทุนโดยการเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าหากซื้อรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่าง Deco Hannah แทนรถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันอย่าง Yamaha FINN จะต้องขับที่ Deco Hannah อย่างน้อย 8,574 กิโลเมตร ถึงจะคุ้มกว่าการใช้รถจักรยานยนต์ใช้น้ำมันอย่าง Yamaha FINN

III. การทดสอบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

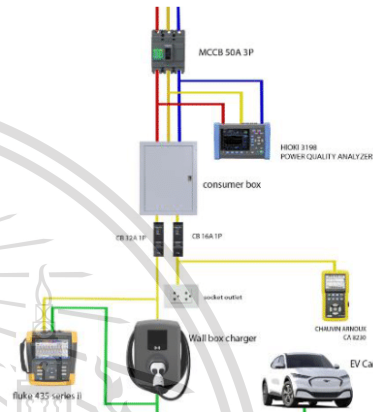
A. วิธีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้า

ทำการทดสอบโดยการวัดคุณภาพทางไฟฟ้าที่จุดต่างๆของระบบ เปรียบเทียบกันระหว่างตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละแบบ โดยแบ่งเป็นตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ (7.2kW) จำนวน 3 ตู้ และ ตู้ชาร์จแบบพกพา (3.6kW) จำนวน 2 ตู้

ซึ่งจะมีการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด 3 รุ่น คือ 1) MG ZS EV 2) BMW i3 3) Hyundai IONIQ EV

B. การออกแบบวงจรทดสอบ

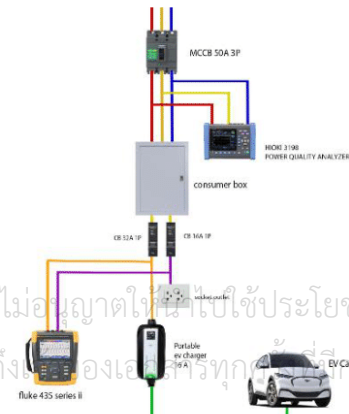
วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบยึดอยู่กับที่ (Wall Box)



รูปที่ 4 วันไลน์ไดอแกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Wall Box

ออกแบบวงจรทดสอบ โดยต่อตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าไว้บนเฟสที่ 3 ของระบบ และทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมด 4 จุด จุดแรกวัดที่ main circuit breaker ขนาด 50 A 3 phase ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 จุดที่ 2 วัดที่วงจรเด้ารับที่อยู่บนเฟสที่ 3 (เฟสเดียวกับตู้ชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า) ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Chauvin Arnoux จุดที่ 3 วัดที่วงจรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าก่อนเข้าตู้ชาร์จ จุดที่ 4 วัดที่วงจรชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าหลังจากตู้ชาร์จก่อนเข้ารถยนต์ไฟฟ้า โดยจุดที่ 3 และจุดที่ 4 ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Fluke 435 Power Quality Analyzer

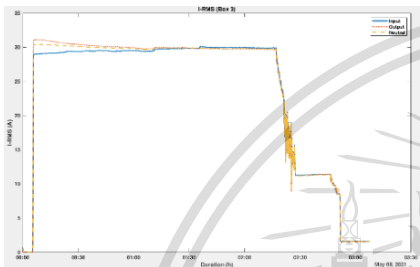
วงจรทดสอบ ตู้ชาร์จแบบพกพา (Portable)



รูปที่ 5 วันไลน์ไดอแกรมการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในแต่ละวงจรของ Portable

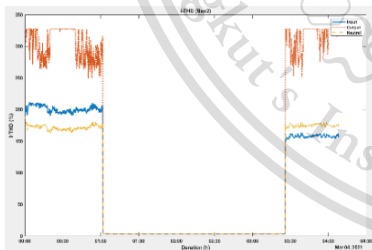
ออกแบบวงจรทดสอบ โดยต่อตัวชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าไว้บนเฟสที่ 3 ของระบบ และทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าทั้งหมด 3 จุด จุดแรกวัดที่ main circuit breaker ขนาด 50 A 3 phase ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ HIOKI Power Quality Analyzer PW3198 จุดที่ 2 วัดที่วงจรตัวรับที่อยู่ในเฟสที่ 3 (เฟสเดียวกับตัวชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า) จุดที่ 3 วัดที่วงจรรถยนต์ไฟฟ้าก่อนเข้าตัวชาร์จฯ โดยจุดที่ 2 และจุดที่ 3 ทำการวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เครื่องมือ Fluke 435 Power Quality Analyzer

C. ผลการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า



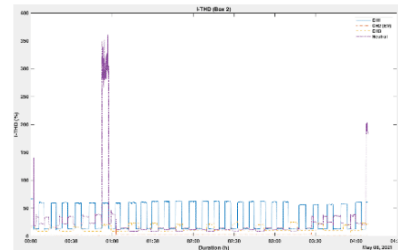
รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบกระแสแอมแปร์ของที่ชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV ด้วย Wall Box 32A

จากรูปที่ 6 สามารถเห็นได้คั้งว่ากระแสแอมแปร์ในระหว่างการชาร์จด้วย Wall Box นั้นจะมีกระแสแอมแปร์ที่คงที่ ประมาณ 30 A จากนั้นเมื่อรถยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็มจะปรับเข้าสู่ช่วง Switching เพื่อลดกระแสประมาณ 12 A จะมีการ Switching ปรับลดลงของกระแสแอมแปร์เมื่อรถยนต์ไฟฟ้าชาร์จใกล้เต็ม



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจรอินพุตและเอาต์พุตของที่ชาร์จสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A

จากรูปที่ 7 กระแสที่เอชดีของ Input Output Neutral จะมีค่าสูงช่วงที่ก่อนชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าและหลังจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าเสร็จสิ้น ส่วนในระหว่างการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่ากระแสที่เอชดี เป็นศูนย์



รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบกระแสที่เอชดี ที่วงจร Main Circuit Breaker สำหรับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า Hyundai IONIQ ด้วย Wall Box 32A

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ชัดว่ามีค่ากระแสที่เอชดีที่เป็นผลมาจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาการชาร์จนั้นจะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์กระแสที่เอชดีใน CH Neutral มีการปรับตัวลดลง โดยจะเห็นได้ในช่วง 00:30-02:50

D. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้าที่จำหน่ายในประเทศไทยมีราคาที่สูงกว่าผู้จัดทำเลยทำการหาจุดคุ้มทุนว่าจะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้ากี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มกว่าการซื้อรถยนต์สันดาปภายใน โดยจะนำรถยนต์สันดาปภายในทั้งหมด 2 รุ่นมาเปรียบเทียบกับรถยนต์ไฟฟ้า คือ MG ZS 1.5L D+ และ BMW 320d M Sport โดยแสดงการเปรียบเทียบสเปคของรถยนต์แต่ละคันดังแสดงในตารางที่ V

ตาราง V

ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของรถยนต์รุ่นต่างๆ เพื่อการคำนวณจุดคุ้มทุน

ประเภท	รุ่น	ราคาตอนซื้อ (ล้านบาท)	ความจุแบตเตอรี่ (kWh)	ระยะทางสูงสุด (กม)	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (km/L)	ค่าไฟบ้าน (Baht/kWh)	ค่าบ้าน G95 (Baht/L)
รถยนต์ไฟฟ้า	MG ZS EV	1.190	44.5	537	-	4.2	-
	Hyundai IONIQ	1.749	28	280	-	4.2	-
	BMW i3s	3.730	53.2	280	-	4.2	-
รถยนต์สันดาปภายใน	MG ZS 1.5L D+	0.739	-	-	15.6	-	27.35
	BMW 320d M Sport	2.549	-	-	22.7	-	27.35

คำนวณจุดคุ้มทุนจากการเทียบสมการ

$$\text{ระยะทางที่คุ้ม} = \frac{\text{ราคาจักรยานยนต์ใช้น้ำมัน} - \text{ราคาจักรยานยนต์ไฟฟ้า}}{\frac{\text{ความจุแบตเตอรี่} \times \text{ค่าไฟ}}{\text{ระยะทางสูงสุด}} - \frac{\text{ราคาน้ำมัน}}{\text{อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง}}}$$

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาเป็นหน่วยกิโลเมตร และสามารถบอกเราได้ว่า จะต้องขับรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดกี่กิโลเมตรถึงจะคุ้มค่ากับการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า

ตาราง VI

ตารางจุดคุ้มทุนในการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในหน่วย กิโลเมตร

จุดคุ้มทุน (กิโลเมตร)			
EV	MG ZS EV	Hyundai IONIQ	BMW i3s
ICE			
MG ZS 1.5L D+	376,271	757,573	2,382,877
BMW 320d M Sport	ไม่มีจุดคุ้มทุน (EV คุ้มค่ากว่าในทุกกิโลเมตร)	ไม่มีจุดคุ้มทุน (EV คุ้มค่ากว่าในทุกกิโลเมตร)	1,670,803

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ VI ได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าหากซื้อรถยนต์ไฟฟ้าอย่าง MG ZS EV แทนรถยนต์สันดาปภายในอย่าง MG ZS 1.5L D+ จะต้องขับรถยนต์ MG ZS EV อย่างน้อย 376,271 กิโลเมตร ถึงจะคุ้มค่ากว่าการใช้รถยนต์สันดาปภายในอย่าง MG ZS 1.5L D+

IV. สรุปโครงการงาน

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษผลกระทบการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า โดยการทดลองชาร์จจริงกับยานยนต์ไฟฟ้าหลายรุ่นและตู้ชาร์จแบบต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในครัวเรือน โดยคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นความนิยมของการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทั่วโลก เพราะเนื่องจากจะไม่ปล่อยมลภาวะสู่อากาศ และยังมีประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานอีกด้วย ซึ่งเมื่อมีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดผลกระทบกับระดับครัวเรือนหรือในระดับประเทศ โดยผู้จัดทำคาดหวังว่าโครงการวิจัยนี้จะทำให้ทั่วโลกได้ทราบมากขึ้นถึงผลกระทบเหล่านี้และเตรียมความพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเป็นทางเลือกใหม่ของยานพาหนะที่จะเกิดขึ้นในภายภาคหน้า

เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นทางผู้จัดทำได้แบ่งการบันทึกผลการทดลองออกเป็นการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าจำนวน 2 คัน ยานยนต์ไฟฟ้าจำนวน 3 คัน ได้แก่ นอกจากนั้นยังมี Wall Box 32A ต่างยี่ห้อจำนวน 3 ตัว Portable 16 A จำนวน 2 ตัว เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของโหนดยานยนต์ไฟฟ้าที่มีต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆในครัวเรือน โดยทำการบันทึกผลและวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆทางไฟฟ้า จากกรณีศึกษาดังต่อไปนี้

1. การบันทึกผลจากแบบจำลองพฤติกรรมของโหนดภายในที่อยู่อาศัยสำหรับการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า โดยแบบจำลองโหนดภายในที่อยู่อาศัย แบ่งออกเป็นแบบจำลองโหนดวันธรรมดา และ แบบจำลองโหนดวันหยุด การทดลองจะทำการบันทึกผลการทดลองขณะ ไม่มีโหนดมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ของแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากนั้นจะทำการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าในแบบจำลองทั้ง 2 แบบ จากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100 % พบว่าการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้านั้นส่งผลให้เกิดกระแสที่เอชดีและกำลังไฟฟัรแอคทีฟในวงจรได้รับเพิ่มขึ้นในระหว่างการชาร์จมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

2. การบันทึกผลพฤติกรรมของโหนดยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จด้วย Wall Box 32A จำนวน 3 ตัว จากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100 % โดยพบว่าประสิทธิภาพของ Wall Box 32A ทั้งสามยี่ห้อมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่พฤติกรรมของโหนดยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละคันนั้นมีพฤติกรรมต่างกัน โดยที่ MG ZS EV มีการ switching ของกระแสอาร์มอสเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็ม BMW i3 เมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มกระแสอาร์มอสจะค่อยๆลดลง แต่ Hyundai IONIQ ตัวโหนดจะตัดกระแสทันทีที่แบตเตอรี่เต็ม ถึงแม้พฤติกรรมของโหนดยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 3 คันจะต่างกันแต่ผลกระทบทางไฟฟ้าของทั้ง 3 คันที่ผลต่อที่อยู่อาศัยเหมือนกันก็คือเกิด การเพิ่มขึ้นชั่วขณะของฮาร์โมนิกที่นิวทรัลเมื่อมีการเริ่มชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าและการหยุดชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า มีฮาร์โมนิกโดยรวมของระบบลดลงจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า เกิด Voltage Drop เล็กน้อยที่วงจรตัวรับเมื่อมีการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า และเกิดช่วงลดลงของแรงดันไฟฟัรแอคทีฟ ที่วงจรตัวรับ

3. การบันทึกผลพฤติกรรมของโหนดยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จด้วย Portable 16 A จำนวน 2 ตัวจากแบตเตอรี่ 60% ถึง 100% มีผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อที่อยู่อาศัยเหมือนกับผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าด้วย Wall Box 32A

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

[1] Alexandre Lucas, Fausto Bonavitacola, Evangelos Kotsakis, and Gianluca Fulli “Grid harmonic impact of multiple electric vehicle fast charging” Electric Power Systems Research 127 (2015) 13–21

[2] N.B.G. Brinkel, M.K. Gerritsma, T.A. AlSkaif, I. Lampropoulos, A.M. van Voorden, H.A. Fidder, and W.G.J.H.M. van Sark “Impact of rapid PV

fluctuations on power quality in the low-voltage grid and mitigation strategies using electric vehicles” Electrical Power and Energy Systems 118 (2020) 105741

[3] R. J. C. Pinto, J. Pombo, M. R. A. Calado, and S. J.P. S. Mariano “An Electric Vehicle Charging Station: Monitoring and Analysis of Power Quality” 2015 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE)

[4] Ashish Kumar Karmaker, Sujit Roy, and Md. Raju Ahmed “Analysis of the Impact of Electric Vehicle Charging Station on Power Quality Issues” 2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)

[5] Anamika Dubey, and Surya Santoso “Electric Vehicle Charging on Residential Distribution Systems: Impacts and Mitigations” IEEE Access (2015)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ธนากร ดำเหลื่อม (ทีดาร์)
เกิด 18 มิถุนายน 2540
ที่อยู่ 66/1 สันปียง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ 50330
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ
พายัพ
เบอร์โทรศัพท์ 0950517433
E-mail address: tanargorn.dam001@gmail.com



ชื่อ พิชญุตม์ เจริญฉิม (อิวโก้)
เกิด 28 พฤษภาคม 2542
ที่อยู่ 12 ซอย รังสิต-ปทุมธานี 12 ซอย 9 ตำบล
ประจักษ์ปัตย์ อำเภอ ชัญบุรี จังหวัด ปทุมธานี
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนสายปัญญารังสิต
เบอร์โทรศัพท์ 0837544225
E-mail address: pichayut.cha@gmail.com



ชื่อ วาริส รัฐภูมิ (แทน)
เกิด 7 เมษายน 2542
ที่อยู่ 91/5 หมู่ที่ 12 ต.บางแก้ว อ.บางพลี จ.
สมุทรปราการ 10540
จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
เบอร์โทรศัพท์ 0853186993
E-mail address: tan_waris1@hotmail.com





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MG ZS EV

ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า	Permanent Magnet Synchronous Motor
ประเภทแบตเตอรี่	Lithium - ion Battery
กำลังสูงสุด (แรงม้า (กิโลวัตต์))	150 (110)
แรงบิดสูงสุด (นิวตัน - เมตร)	350
ความจุแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)	44.5
ระยะทางวิ่งสูงสุด (NEDC Mode) (กม.)	337
Quick Charge	30 mins
ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จ จาก 0% - 80%	
Normal Charge	6.5 hrs
ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จเต็ม 0% - 100%	
ราคา (บาท)	1,190,000

MG ZS D+

รุ่นเครื่องยนต์	15S4C DOHC 4 สูบ 16 วาล์ว VTi – TECH
ระบบจ่ายน้ำมัน	หัวฉีดมัลติพอยท์
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี.)	1,498
เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ x ระยะชัก (มม.)	75 x 84.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อัตราส่วนกำลังอัด	11.5 : 1
กำลังสูงสุด (กิโลวัตต์ (PS) / รอบต่อนาที)	84 (114) / 6,000
แรงบิดสูงสุด (นิวตัน - เมตร / รอบต่อนาที)	150 / 4,500
ความจุถังน้ำมัน (ลิตร)	48
สิ้นเปลืองน้ำมันสภาวะรวม (กม./ลิตร)	14 - 15
ปล่อยก๊าซ CO2 (กรัม/กม.)	100
ราคา (บาท)	739,000 บาท
BMW i3s	
ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า	Synchronous
ประเภทแบตเตอรี่	Lithium-ion
กำลังสูงสุด (แรงม้า (กิโลวัตต์))	184 (135)
แรงบิดสูงสุด (นิวตัน - เมตร)	270
ความจุแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)	33.2
ระยะทางวิ่งสูงสุด (NEDC Mode) (กม.)	330-345
อัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์/100 กม.	14.6-14.0
Quick Charge	45 min
ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จ จาก 0% - 80%	
Normal Charge	9.7 hrs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จเต็ม 0% - 80%

ราคา (บาท) 3,730,000

BMW 320d

รุ่นเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ 2.0 ลิตร 1,995 ซีซี

ระบบจ่ายน้ำมัน หัวฉีดมัลติพอยท์

ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี.) 1,498

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ x ระยะชัก (มม.) 90.0 x 84.0

อัตราส่วนกำลังอัด 16.5 : 1

กำลังสูงสุด (แรงม้า / รอบต่อนาที) 190 / 4,000

แรงบิดสูงสุด (นิวตัน - เมตร / รอบต่อนาที) 400 / 1,750 - 2,500

ความจุถังน้ำมัน (ลิตร) 49-59

สิ้นเปลืองน้ำมันสภาวะรวม (กม./ลิตร) 21.7

ปล่อยก๊าซ CO₂ (กรัม/กม.) 122

ราคา (บาท) 2,549,000

Hyundai IONIQ Electric

ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า Permanent Magnet Synchronous Motor

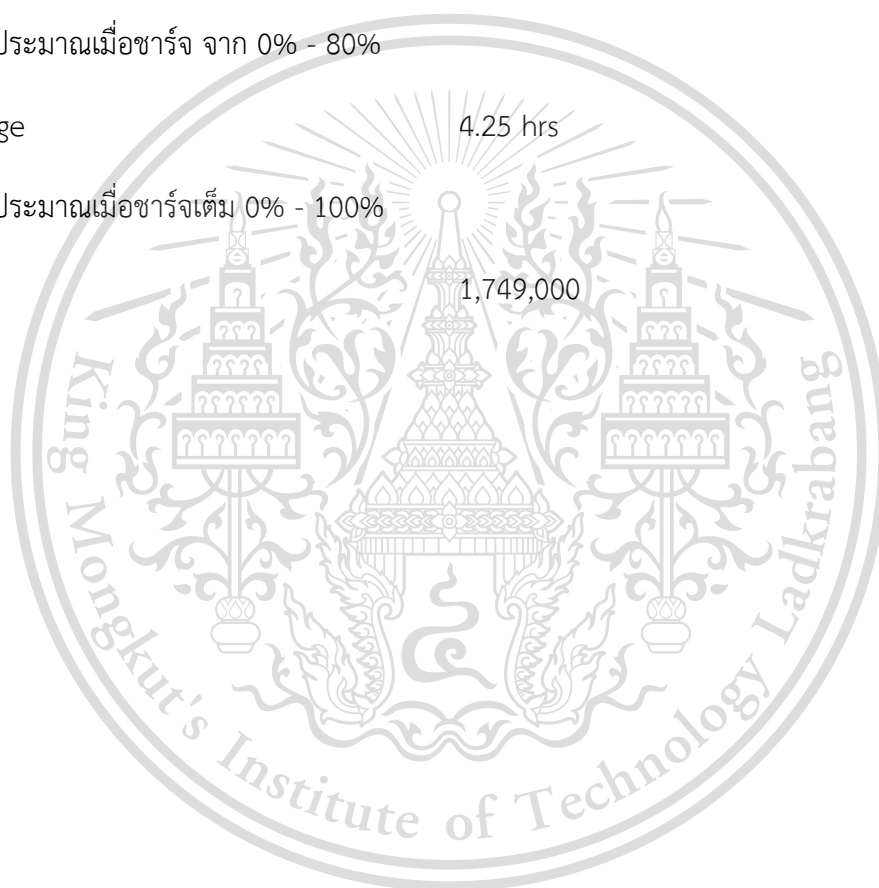
ประเภทแบตเตอรี่ Lithium-Ion Polymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กำลังสูงสุด (แรงม้า (กิโลวัตต์))	120
แรงบิดสูงสุด (นิวตัน - เมตร)	295
ความจุแบตเตอรี่ (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)	28
ระยะทางวิ่งสูงสุด (NEDC Mode) (กม.)	280
Quick Charge	23 min
ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จ จาก 0% - 80%	
Normal Charge	4.25 hrs
ระยะเวลาโดยประมาณเมื่อชาร์จเต็ม 0% - 100%	
ราคา (บาท)	1,749,000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



HIOKI PW3198

3-Phase 4-Wire Power Quality Analyzer Compliant to IEC61000-4-30 Class A Standards with Dynamic 1300V Range, Harmonic and Inter-harmonics Analysis Capabilities

Never Miss the Moment

- Detect power supply problems and perform onsite troubleshooting
- Do preventive maintenance to avert accidents by managing the power quality

CAT IV-600V Safety Standard

- Meets the CAT IV safety rating required to check an incoming power line
- Safe enough to measure up to 6,000Vpeak of transient overvoltage

Easy Setup Function with PRESETS

- Just select the measurement course, wiring, and clamps
- Automatic one-step setup based on measurement conditions Compliant with New International Standards
- International power quality measurement standard IEC 61000-4-30 Edition 2 Class A

เอกส- High precision with a basic voltage measurement accuracy of 0.1% อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หน้าจอ 6.5-inch TFT color LCD (640 × 480 dots)

ฟังก์ชันบันทึกข้อมูลด้วย SD Card

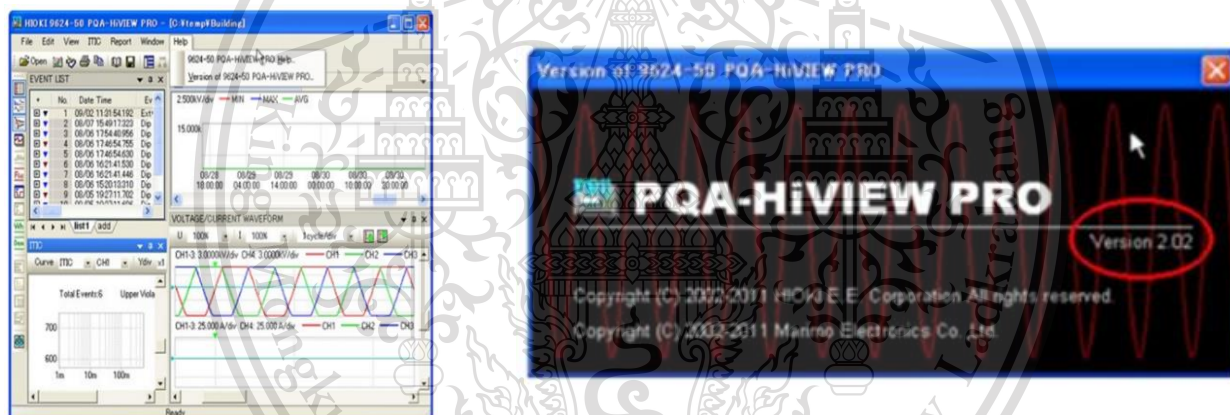
Interface SD/SDHC card, RS-232C, LAN (HTTP server function), และ USB2.0

Power supply AC Adapter

ขนาดตัวเครื่อง 300 × 211 × 68mm (2600g)

ยี่ห้อ HIOKI, Japan

ตัวเครื่องมาพร้อมซอฟต์แวร์ PQA-HiVIEW PRO Model: 9624-50



คุณสมบัติ / Specifications

Measurement line type

Single-phase 2-wire, Single-phase 3-wire, Three-phase 3-wire
or Three-phase 4-wire plus one extra input channel (must be
synchronized to reference channel during AC/DC
measurement)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Voltage ranges	Voltage measurement: 600.00 V rms Transient measurement 6.0000 kV peak
Current ranges	500.00 mA to 5.0000 kA AC (depends on current sensor in use)
Basic accuracy	Voltage: $\pm 0.1\%$ of nominal voltage Current: $\pm 0.2\%$ rdg. $\pm 0.1\%$ f.s. + current sensor accuracy Active power: $\pm 0.2\%$ rdg. $\pm 0.1\%$ f.s. + current sensor accuracy
Measurement items	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transient over voltage : 2 MHz sampling 2. Frequency cycle : Calculated as one cycle, 40 to 70 Hz 3. Voltage (1/2) RMS: one cycle calculation refreshed every half cycle Current (1/2) RMS: half-cycle calculation 4. Voltage swell, Voltage dips, Voltage interruption 5. Inrush current 6. Voltage waveform comparison 7. Instantaneous flicker value: As per IEC61000-4-15 8. Frequency: Calculated as 10 or 12 cycles, 40 to 70 Hz 9. 10-sec frequency: Calculated as the whole-cycle time during the specified 10 s period, 40 to 70 Hz 10. Voltage waveform peak, Current waveform peak 11. Voltage, Current, Active power, Apparent power, Reactive power, Active energy, Reactive energy, Power factor, Displacement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

	power factor, Voltage unbalance factor, Current unbalance factor (negative-phase, zero-phase)
	12. High-order harmonic component (voltage/ current): 2 kHz to 80 kHz
	13. Harmonic/ Harmonic phase angle (voltage/ current), Harmonic power: 0th to 50 th orders
	14. Harmonic voltage-current phase angle: 1th to 50 th orders
	15. Total harmonic distortion factor (voltage/ current)
	16. Inter harmonic (voltage/ current): 0.5 Hz to 49.5 Hz
	17. K Factor (multiplication factor)
	18. IEC Flicker, Δ V10 Flicker
Record	55 weeks (with repeated recording set to [1 Week], 55 iterations) 35 days (with repeated recording set to [OFF])
Interfaces	SD/SDHC card, RS-232C, LAN (HTTP server function), and USB2.0
Display	6.5-inch TFT color LCD (640 x 480 dots)
Power supply	AC Adapter Z1002 (12 V DC, Rated power supply 100 V AC to 240 V AC, 50/60 Hz) Battery Pack Z1003 (Ni-MH 7.2 V DC 4500 mAh)
Dimensions and mass	300 x 211 x 68 mm (excluding protrusions), 2.6 kg (including battery pack)

Accessories Instruction manual x 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสอนใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Measurement guide × 1

Software PQA-HiView Pro × 1

Voltage Cord L1000 × 1 set (Red/ Yellow/ Blue/ Gray)

Each 1

Black × 4

Alligator clip × 8

Spiral tube × 20

Input Cable Labels × 1

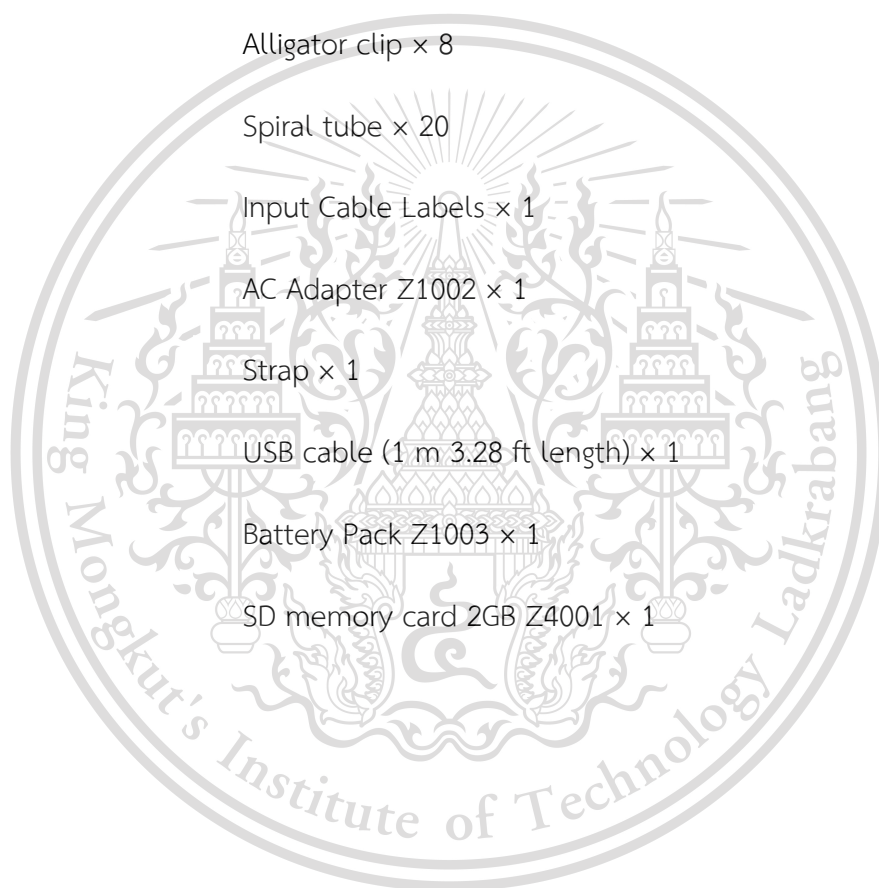
AC Adapter Z1002 × 1

Strap × 1

USB cable (1 m 3.28 ft length) × 1

Battery Pack Z1003 × 1

SD memory card 2GB Z4001 × 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Chauvin Arnoux C.A 8230

เป็นเครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า และฮาร์มอนิกส์ แบบดิจิทัล สามารถวัดค่าได้หลากหลาย

- วัดค่า V, A, W, VA, Var, PF, Energy Ficker ของระบบไฟฟ้า 1 เฟส, 3 เฟส Balance Load
- วัดกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 5mA ถึงสูงสุด 6,500 A
- วัดค่า KF, CF, THD, DF เลือกดูค่าฮาร์มอนิกส์แบบกราฟแท่งถึงลำดับที่ 50
- จอสีแบบ Graphic LCD แสดงรูปคลื่นเวฟฟอร์ม, เส้นกราฟ RMS
- บันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและฮาร์มอนิกส์ได้นานหลายวัน
- สามารถดูค่าที่บันทึกไว้ จากตัวเครื่องหรือผ่าน Software วิเคราะห์ข้อมูล

คุณสมบัติ / Specifications

Voltage range	6 to 600 VRMS AC+DC $\pm(0.5\% + 2 \text{ counts})$
AC current range	100mA to 6,500A $\pm(0.5\% + 1 \text{ count})$
DC current range	50mA to 1,400A $\pm(1\% + 1 \text{ count})$
Min, Max, Avg, and Peak value (+ and -), CF	Yes
Fundamental frequency	40 to 70Hz
W, VA and var power value, Cos ϕ , PF	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

varh and VAh, energy value, Wh	Up to the 50th order
Recordings	Up to several days
Alarms	4,096
PST flicker	Yes
Inrush	18s
Phase rotation	Yes, with display of phase order in three-phase systems
Storage of measurements	Yes
Ambient temperature	23 °C±3K
Relative humidity	45 % : 75%
Protection rating	IP54
RS232/USB prot	Yes
IEC61010-1	600V Cat III
Power supply	Batteries, charge life up to 40 hours
Weight	880g (with rechargeable batteries)
Dimensions	211 x 108 x 60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



Fluke 435-ii

- สภาพของคุณภาพกำลังไฟฟ้าขั้นสูง : เห็นข้อมูลภาพรวมของสภาวะคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้แบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถตัดสินใจด้านการบำรุงรักษาได้ดียิ่งขึ้น
- เครื่องมือคำนวณการสูญเสียพลังงาน : ดูต้นทุนของการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากคุณภาพกำลังไฟฟ้าต่ำ โดยเฉพาะ
- พิกัดความปลอดภัยสูงสุดในอุตสาหกรรม : CAT III 1000 V / CAT IV 600 V

คุณสมบัติ / Specifications

Absolute Maximum Current Measurement	6000A ac
Absolute Maximum Power Measurement	6000W
Number of Phases	3
Maximum Voltage	1000V ac
Best Voltage Measurement Accuracy	±0.1 %
Best Current Measurement Accuracy	±0.5% + 5 Digits
Display Type	LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Measurement Type	Current, Flicker, Frequency, Harmonics, Inrush Current, Inrush Duration, Kilowatt Hour, Power Factor, Unbalance, Voltage, Watt
Measurement Standards	EN50160, EN61326
Interface Type	RS232, USB
Memory Capacity	8GB
Power Source	Battery
Battery Type	Rechargeable Lithium-Ion
Battery Life	6.5 h
Weight	2kg
Model Number	435
Height	70mm
Minimum Operating Temperature	0°C
Dimensions	265 x 190 x 70mm
Minimum Frequency	42.5 (50 Hz) Hz, 51 (60 Hz) Hz
Maximum Operating Temperature	+40°C
Maximum Frequency	50 Hz, 60Hz
Width	190mm
Length	265mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เนื่องจากต้องการให้ใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลน้อยลง ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของการซื้อขาย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ยนต์ไฟฟ้า จึงนำค่าไปพล็อตในโปรแกรม math lab เปรียบเทียบกันระหว่างต้นทุนของยานยนต์กับระยะทาง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

figure
d=(10*10^5:100*10^5);
EVPrice=1.19*10^6; %ราคารถ EV (Baht)
Capacity=44.5; %kWh
MaxDistance=337; %km
EB=4.2; %EB= Electricity Bill= Baht/kWh.
CostEV = ( Capacity*EB*(d/MaxDistance))+EVPrice;

ICEPrice = 2.549*10^6; %ราคารถ ICE (Baht)
OilPrice = 27.35; %ราคาแก๊ส Gasohol 95 (Baht/Litre)
FC = 22.7; %FC= FuelConsume= km/litre.
FU = d/FC; %FU= FuelUsed= litre.
CostICE = (FU*OilPrice)+ICEPrice;

p = plot(d, CostEV, d, CostICE);
p(1).LineWidth = 2;
p(2).LineWidth = 2;
title('BMW 320d vs MG ZS EV');
legend({'MG ZS EV', 'BMW 320d'}, 'Location', 'northeast');
xlabel('Distance (km)');
ylabel('Cost (Baht)');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ ธนากร ดำงเหลื่อม (กีตาร์)

เกิด 18 มิถุนายน 2540

ที่อยู่ 66/1 สันป่ายาง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ 50330

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ พายัพ

เบอร์โทรศัพท์ 0950517433

E-mail address: tanargorn.dam001@gmail.com



ชื่อ พิชญุตม์ เจริญฉิม (ฮิวโก้)

เกิด 28 พฤษภาคม 2542

ที่อยู่ 12 ซอย รังสิต-ปทุมธานี 12 ซอย 9 ตำบล ประชาธิปไตย อำเภอ ธัญบุรี

จังหวัด ปทุมธานี

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนสายปัญญารังสิต

เบอร์โทรศัพท์ 0837544225

E-mail address: pichayut.cha@gmail.com



ชื่อ วาริต รัฐภูมิ (แทน)

เกิด 7 เมษายน 2542

ที่อยู่ 91/5 หมู่ที่ 12 ต.บางแก้ว อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540

จบมัธยมศึกษาตอนปลายที่ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

เบอร์โทรศัพท์ 0853186993

E-mail address: tan_waris1@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.