

การศึกษาผลกระทบจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มี

ระบบพลังงานทดแทน

THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD  
WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การศึกษาผลกระทบจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มี  
ระบบพลังงานทดแทน

THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD  
WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEM



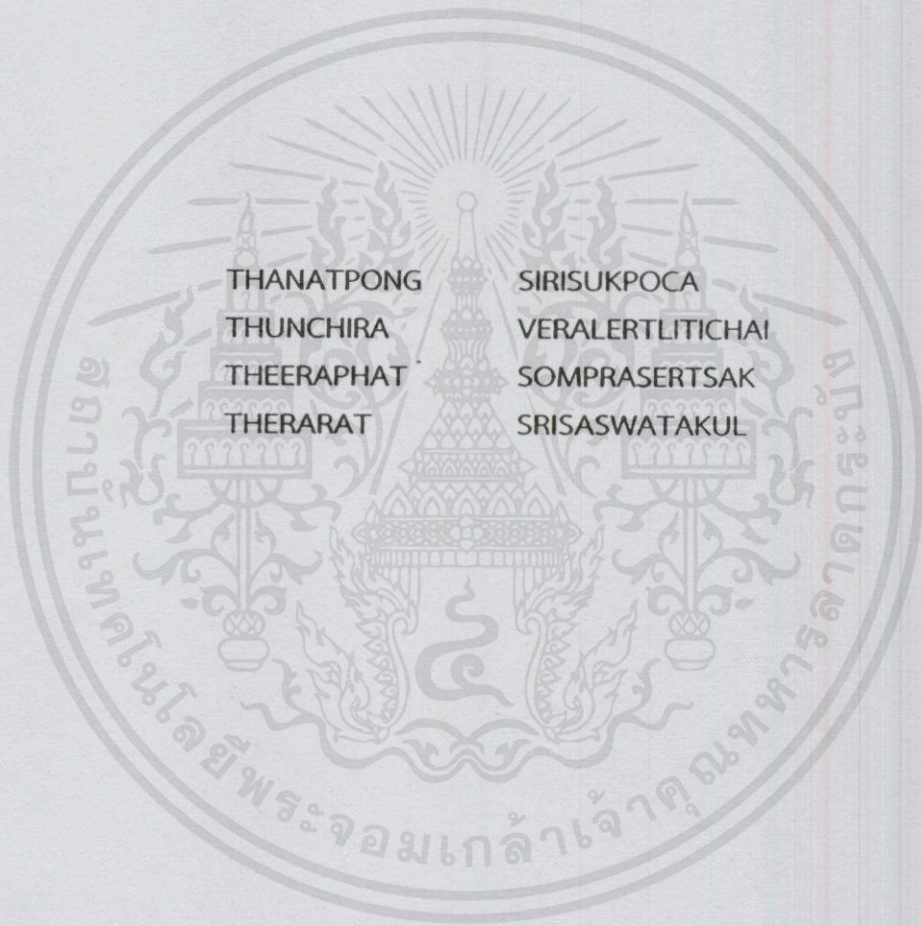
โดย  
นายรณัทพงศ์ ศิริสุขโกศา  
นางสาวธัญจิรา วีระเลิศฤทธิชัย  
นายธีรภัทร สมประเสริฐศักดิ์  
นายธีระรัฐ ศรีสาศวัตกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD WITH  
RENEWABLE ENERGY SYSTEM



THANATPONG  
THUNCHIRA  
THEERAPHAT  
THERARAT

SIRISUKPOCA  
VERALERTLITICHAJ  
SOMPRASERTSAK  
SRISASWATAKUL

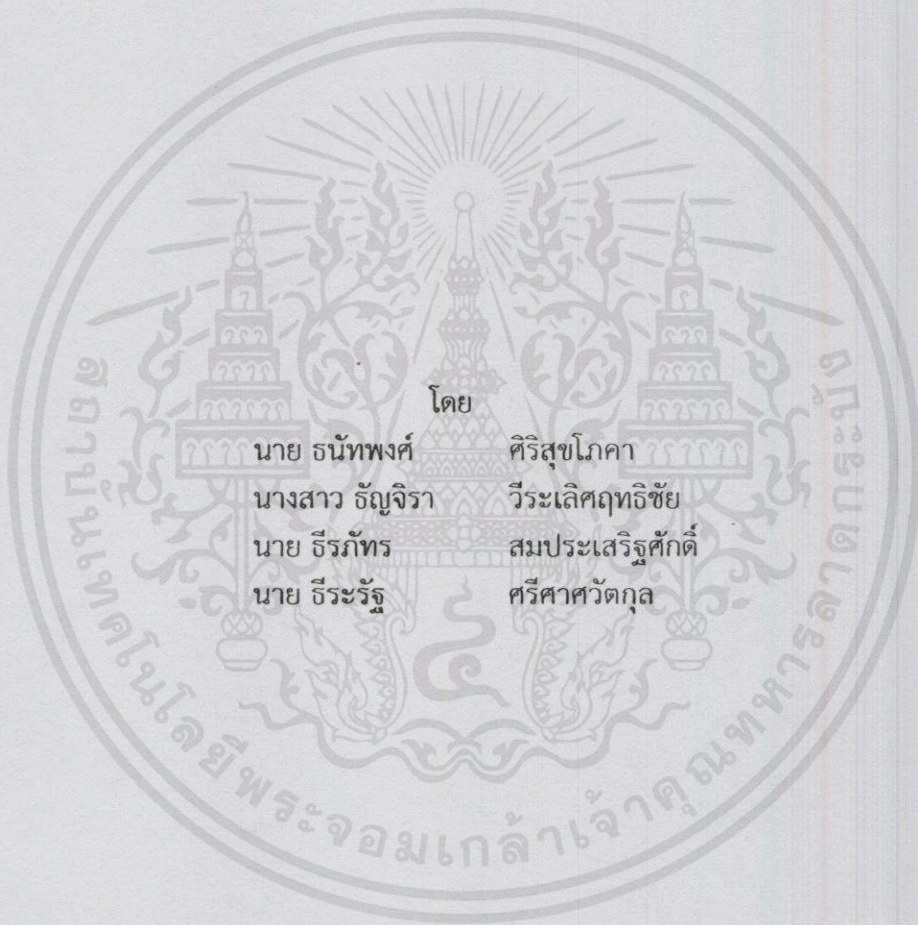
THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF BECHELER OF ELECTRICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเป็นประโยชน์ด้านการค้า  
2014  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2557

การศึกษาผลกระทบจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มี  
ระบบพลังงานทดแทน

THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD  
WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEM



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อรรถพล

เง่าพิทักษ์กุล

ผศ. ชายชาญ

โพธิสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2557

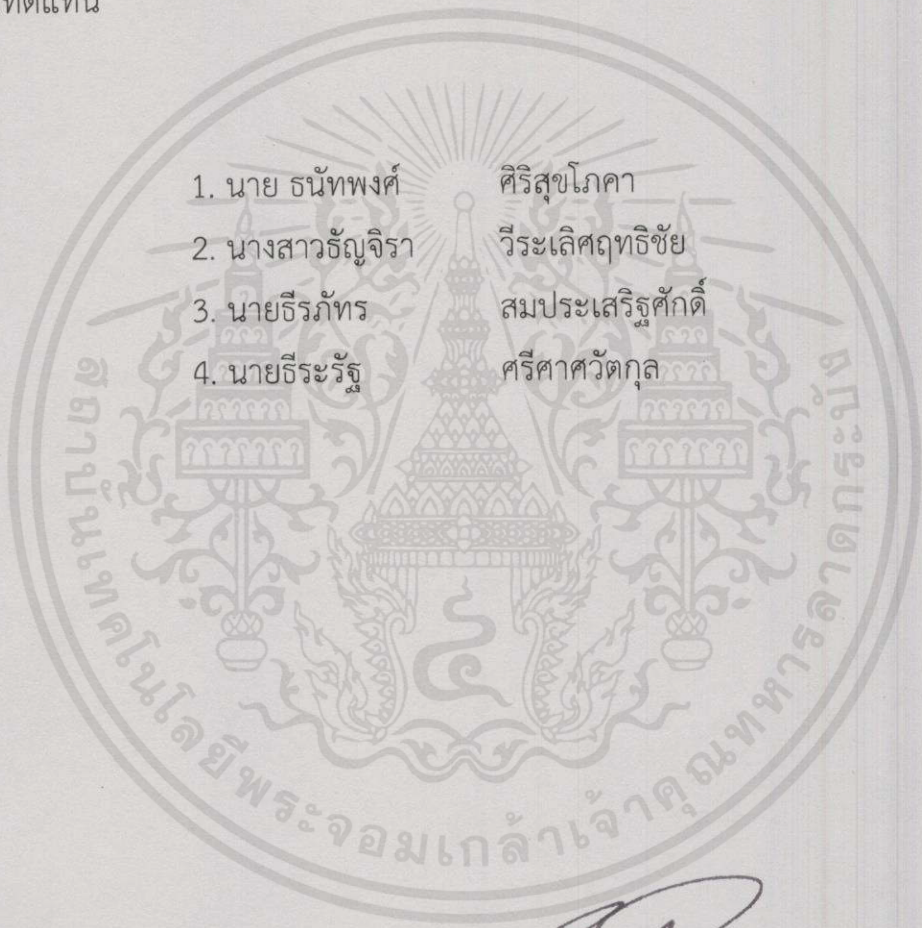
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลกระทบของการชารัจยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มีระบบ  
พลังงานทดแทน

ผู้จัดทำ

1. นาย ธนัทพงศ์ ศิริสุขโกศา
2. นางสาวธัญจิรา วีระเลิศฤทธิชัย
3. นายธีรภัทร สมประเสริฐศักดิ์
4. นายธีระรัฐ ศรีศาศวัตกุล



.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชายชาญ โปธิสาร )

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
( รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถพล เกาพิทักษ์กุล )  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มี  
ระบบพลังงานทดแทน

นาย ธนัทพงศ์ ศิริสุขโกคา  
นางสาว ธัญจิรา วีระเลิศฤทธิชัย  
นาย อธิภัทร สมประเสริฐศักดิ์  
นาย อธิระรัฐ ศรีศาสดัตกุล  
รศ.ดร. อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผศ. ชายชาญ โปธิสาร อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นกรนำเสนอการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้า รวมถึงผลกระทบทางไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการชาร์จแบตเตอรี่ในบ้านพักอาศัย เช่น ค่าฮาร์มอนิก ค่าคุณภาพกำลังไฟฟ้า แรงดันตกในระยะเวลาสั้น ฯลฯ เนื่องจากมีภาระไฟฟ้าขนาดใหญ่ต่อเพิ่มเข้ามา ซึ่งก็คือรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งจะส่งผลต่อระบบไฟฟ้า ทั้งในด้านของผู้ใช้ไฟและการไฟฟ้า โดยในการดำเนินการเริ่มจากการศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเช่นอุปกรณ์ที่ตรวจวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าต่างๆ เพื่อนำมาแสดงผลเป็นกราฟข้อมูลเปรียบเทียบ และได้สมมติกรณีต่างๆ ขณะชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เช่นขณะมีภาระไฟฟ้าชนิดอื่นมาต่อร่วมด้วยในวงจรเดียวกันหรือในวงจรใกล้เคียง เพื่อพิจารณาความแตกต่างและจำลองสถานการณ์เมื่อมีการใช้งานจริงในครัวเรือน จากนั้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเนื่องจากยานพาหนะไฟฟ้าต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากในการชาร์จ กลุ่มผู้วิจัยจึงได้หาวิธีลดค่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก โดยการใช้อัตราการค้าจำนวนแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา (TOU Rate) ร่วมกับการนำพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ คือแผงโซลาร์เซลล์มาช่วยจ่าย แทนไฟฟ้าที่รับมาจากการไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลงไปได้อีกเมื่อมีการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าภายในครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEM

MR. THANATPONG

SIRISUKPOCA

MISS THUNCHIRA

VERALERTLITICHAJ

MR. THEERAPHAT

SOMPRAERTSAK

MR. THERARAT

SRISASWATAKUL

Assoc.Prof.Dr. ATTHAPOL NGAOPITAKKUL Advisor

Asst.Prof. CHAICHAN POTHISARN Advisor

Year 2014

## ABSTRACT

This thesis presents a study of the impacts of electric vehicles charging. It aims to study the power quality and its effect to power system when charging electric vehicles in household such as total harmonic distortion , voltage sag , voltage swell , etc., Due to a large load connected , electric motorcycle , will affect the electrical system, both in terms of customers and substation. According to the process, firstly we start to learn how to use the equipment which can measure and record electrical data for displaying in waveform and compare each problems. In this experiment, we set up various situations when charging electric motorcycle in household. Then, find the solution on the affected. In this study we found electric vehicle required much power to charge. We found the ways to reduce the peak demand during the on-peak in Time of Use rates (TOU rates) calculation along with the renewable energy which were received from the photovoltaic instead of power from substation. This will enable electric consumption to save high electricity cost when charging electric vehicles in the household.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถทำสำเร็จลุล่วงไปได้ดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อรรถพล เเง่พิทักษ์กุล และ ผศ.ชายชาญ โพธิสาร อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้มาโดยตลอดและตรวจสอบข้อผิดพลาดรวมถึงจุดบกพร่องต่างๆ ให้ปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ทางผู้จัดทำโครงการต้องขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์การทดลองของทางภาควิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย , บุคลากรจากบริษัท Idea Field Co., Ltd. ที่มาช่วยอบรมฝึกสอนการใช้อุปกรณ์และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการนี้, พี่นักศึกษาปริญญาโทของภาควิศวกรรมไฟฟ้าที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในโครงการนี้

ท้ายที่สุดนี้ ทางกลุ่มผู้จัดทำต้องขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่เข้าใจและให้การส่งเสริมสนับสนุนพวกเราเป็นอย่างดี รวมทั้งเพื่อนๆ นักศึกษาภาควิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจซึ่งกันและกันมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	10
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	10
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	10
1.5 แผนการดำเนินงาน	11
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	13
1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญานินทร์	13
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	14
2.1 คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality)	14
2.1.1 ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า	14
2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)	20
2.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof)	27
2.3.1 หลักการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาบ้าน	27
2.3.2 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	28
2.4 อินเวอร์เตอร์	29
บทที่ 3 การออกแบบการจำลองซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	31
3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในชุดการทดลอง	31
3.1.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	32
3.1.2 กล่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า	33
3.1.3 จุดเชื่อมต่อไปทางไฟฟ้า	34
3.1.4 โหลดตัวอย่างทางไฟฟ้า	35
3.1.5 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	35
3.1.6 อุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้า	35

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 การเลือกโหลดในวงจรเมื่อต้องร่วมกับการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	36
3.2.1 โหลดเชิงเส้น.....	36
3.2.2 โหลดไม่เป็นเชิงเส้น .....	36
3.3 การแยกวงจรระหว่างโหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	37
3.3.1 โหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	37
3.3.2 โหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าต่อแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	38
3.4 การติดตั้งชุดพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ช่วยจ่ายกับระบบ.....	40
3.4.1 แผงจำลองพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ (PV ).....	41
3.4.2 อินเวอร์เตอร์ .....	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง .....	44
4.1 ข้อมูลโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า .....	44
4.2 กรณีใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า.....	46
4.2.1 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	46
4.2.2 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	51
4.2.3 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	54
4.2.4 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	56
4.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600 วัตต์ .....	60
4.3.1 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	59
4.3.2 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	63
4.3.3 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	70
4.3.4 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	73
4.3.5 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้พิมพ์ไปใช้หรือจำหน่าย  
 4.3.5 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 การคำนวณค่าไฟ.....	81
4.4.1 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย (อัตราปกติ แบบก้าวหน้า).....	81
4.4.2 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย (อัตรา TOU) ช่วงความต้องการ ไฟฟ้าสูง (On Peak).....	82
4.4.3 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย (อัตรา TOU) ช่วงความต้องการ ไฟฟ้าต่ำ (Off Peak).....	83
4.4.4 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย (อัตรา TOU) ช่วงความต้องการ ไฟฟ้าสูง (On Peak) ร่วมกับ Photovoltaic 600วัตต์.....	84
5. สรุปผลการทดลอง.....	85
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	90
เอกสารอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	91
ภาคผนวก ก.....	92
ภาคผนวก ข.....	99
ประวัติผู้เขียน.....	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ข้อได้เปรียบในเชิงประสิทธิภาพของรถยนต์ไฟฟ้า.....	2
1.2 ตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง.....	7
2.1 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเกิดอิมพัลส์ชั่วคราวเกิดโดยฟ้าผ่า.....	15
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) และ ค่าคลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF).....	20
2.3 กราฟช่วงเวลา On/Off Peak.....	21
2.4 การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาบ้าน.....	27
3.1 แผนภาพแสดงการทดลอง.....	32
3.2 กล้องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า.....	33
3.3 วงจรของกล้องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า.....	34
3.4 จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า.....	34
3.5 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง.....	34
3.6 อุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้า.....	35
3.7 โหลดเชิงเส้น.....	36
3.8 โหลดไม่เป็นเชิงเส้น.....	36
3.9 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	37
3.10 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	37
3.11 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	38
3.12 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	39
3.13 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมี ชุดพลังงานทดแทน.....	39
3.14 แผนภาพวงจรการทดลองโดยมีชุดพลังงานทดแทน.....	40
3.15 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน.....	42
3.16 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน.....	42

## สารบัญรูป (ต่อ)

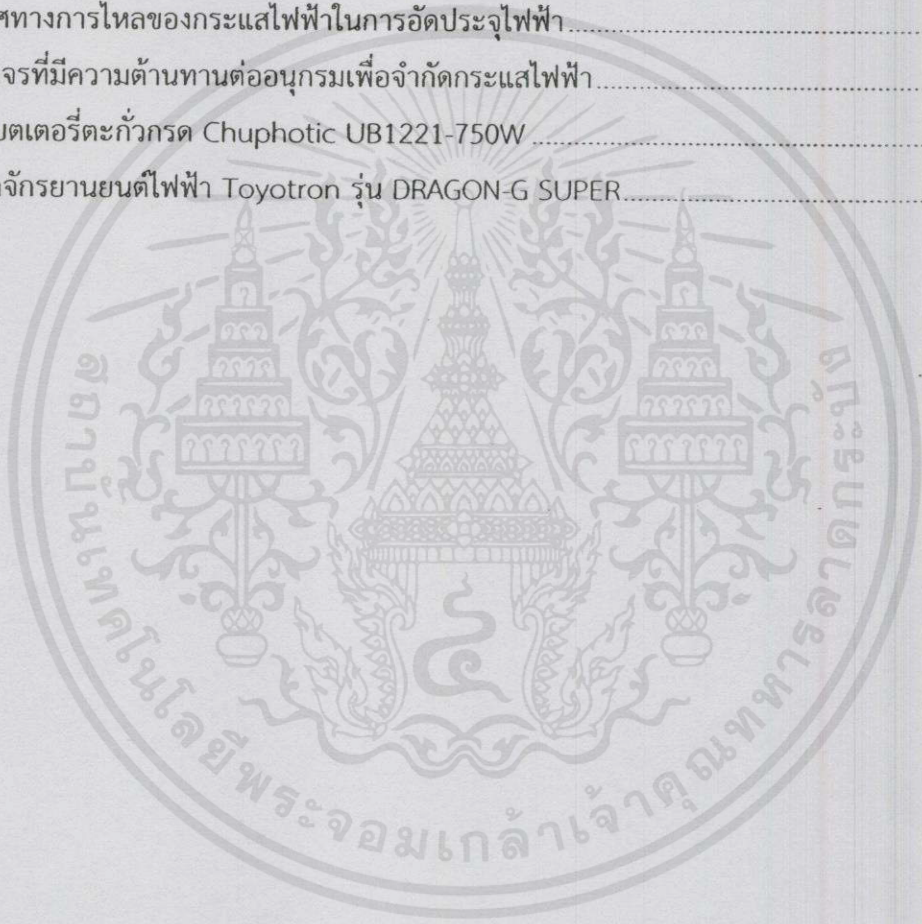
รูปที่	หน้า
3.17 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน.....	43
3.18 แผนภาพแสดงการทดลองโดยมีชุดพลังงานทดแทน .....	43
4.1 จุดวัดกรณีโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว .....	44
4.2 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	45
4.3 กราฟกระแสโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จ.....	46
4.4 จุดวัดกรณีโหลดเชิงเส้นแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	46
4.5 กราฟรูปคลื่นกระแสขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ .....	47
4.6 กราฟแรงดันและกระแสของโหลดรวม จุดวัดที่1 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	48
4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าของโหลดรวม จุดวัดที่1 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	48
4.8 กราฟกำลังไฟฟ้าของโหลดรวม จุดวัดที่1 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	49
4.9 กราฟฮาร์มอนิกของโหลดรวม จุดวัดที่1 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	50
4.10 จุดวัดกรณีโหลดเชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	51
4.11 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์).....	53
4.12 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์).....	53
4.13 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	54
4.14 กราฟรูปคลื่นกระแสขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ .....	55
4.15 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่1 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	55
4.16 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่1 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน).....	56
4.17 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	57
4.18 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่1 (โหลดไม่เชิงเส้น 166 วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์).....	58

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1 (โหลดไม่เชิงเส้น 166 วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์).....	58
4.20 จุดวัดกรณีโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	60
4.21 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว และมีแหล่ง จ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	61
4.22 กราฟกระแสไฟฟ้าก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	62
4.23 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1 (โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์ แสงอาทิตย์).....	62
4.24 จุดวัดกรณีโหลดเชิงเส้นในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	63
4.25 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	64
4.26 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	65
4.27 กราฟฮาร์มอนิกที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	65
4.28 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	67
4.29 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	68
4.30 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	69
4.31 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	70
4.32 จุดวัดกรณีโหลดเชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	71
4.33 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)...	74
4.34 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	75
4.35 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	75
4.36 กราฟฮาร์มอนิกที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันและมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	76

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้น แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์).....	78
4.38 ภาระทางไฟฟ้า 600วัตต์ และ ยานพาหนะไฟฟ้า 240วัตต์.....	81
4.39 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak).....	82
4.40 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าน้อย (Off Peak).....	83
4.41 กราฟกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์ ในหนึ่งวัน .....	84
ก.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในการอัดประจุไฟฟ้า.....	93
ก.2 วงจรที่มีความต้านทานต่ออนุกรมเพื่อจำกัดกระแสไฟฟ้า.....	93
ก.3 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด Chuphotic UB1221-750W .....	96
ก.3 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า Toyotron รุ่น DRAGON-G SUPER.....	98



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน .....	12
2.1 ค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดของอิมพัลส์ .....	15
2.2 ขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ของสวิตช์คู่ .....	16
2.3 ระยะเวลาการเกิดแรงดันตก แรงดันเกิน และไฟดับของการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ช่วงเวลาสั้นๆ.....	16
2.4 ค่าไฟฟ้าฐานของกิจการแต่ละประเภท.....	22
2.5 อัตราค่าไฟฟ้าปกติ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย .....	23
2.6 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย.....	23
2.7 อัตราค่าไฟฟ้าปกติประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก .....	24
2.8 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก.....	24
2.9 อัตราค่าไฟฟ้าปกติประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง.....	25
2.10 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง .....	25
2.11 อัตราค่าไฟฟ้าปกติประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่.....	26
2.12 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่.....	26
4.1 ข้อมูลโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า .....	45
4.2 ปริมาณฮาร์มอนิกขณะชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า.....	45
4.3 กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	47
4.4 กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	51
4.5 เปรียบเทียบโหลดเชิงเส้นขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	52
4.6 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	54
4.7 กรณีต่อโหลดเชิงไม่เส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ .....	57
4.8 เปรียบเทียบโหลดไม่เชิงเส้นขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิต เบรกเกอร์ .....	59
4.9 กรณีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว.....	60
4.10 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	63
4.11 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	66
4.12 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน .....	68

## สารบัญดาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	71
4.14 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	72
4.15 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์.....	73
4.16 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	74
4.17 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 288 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	76
4.18 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 456 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	77
4.19 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	78
4.20 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 288 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	79
4.21 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 456 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน.....	79
4.22 เปรียบเทียบการคิดค่าไฟประเภทต่างๆ.....	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัญหาใหญ่ของโลกเวลานี้ คือ บ่อน้ำมันขนาดใหญ่หลายแห่งที่ผลิตน้ำมันป้อนโลก อยู่เริ่มผลิตน้ำมันได้น้อยลง และจะทยอยปิดตัวเองไปเรื่อยๆ โลกยังสามารถหาแหล่งน้ำมันใหม่ๆ เพื่อมาชดเชยกำลังการผลิตเก่าที่หายไปได้มากพอ จึงทำให้กำลังการผลิตน้ำมันของโลกยังคงเพิ่มขึ้นทุกปี ได้ จากการประเมินตั้งแต่บัดนี้จนถึงปีพ.ศ. 2573 พบว่าจำเป็นต้องหาแหล่งน้ำมันใหม่เพื่อมาชดเชย แหล่งเก่าให้ได้เท่ากับ 25 เพอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตของโลกในปัจจุบันหรือเท่ากับ 4 เท่าของกำลังการผลิตของซาอุดีอาระเบียในเวลานี้ เพื่อชดเชยกำลังการผลิตน้ำมันของโลกไม่ให้ลดลง [1] โอกาสจะ ทำสำเร็จนั้นแทบเป็นไปไม่ได้เลย (น้ำมันใต้พิภพยังมีอีกมหาศาลแต่ปัญหาคือการขุดขึ้นมาใช้ให้ทัน) ดังนั้นคาดกันว่า ณ จุดใดจุดหนึ่งก่อนจะถึงปีพ.ศ. 2573 กำลังการผลิตน้ำมันของโลกจะเข้าสู่ขีดจำกัด และหลังจากนั้นจะลดลงทุกปี โลกจึงกำลังเข้าสู่ยุคขาดแคลนน้ำมันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อเข้าสู่ยุค นั้น น่าจะต้องเกิดผลกระทบกับเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของผู้คนอย่างมีนัยสำคัญ (รวมไปถึงปัญหาความ มั่นคงระหว่างประเทศด้วยการแย่งชิงน้ำมันกันของประเทศต่างๆ เพื่อสร้างความมั่นคงทาง พลังงานให้กับประเทศตัวเอง) ในภาวะปกติ โลกมีอัตราการบริโภคน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณ 1.6% ทุกปี (พอกๆกับอุปทานที่เพิ่มขึ้นทุกปีพอดี) ที่จริงแล้ว ทุกวันนี้ ประเทศตะวันตกไม่ได้บริโภคน้ำมันเพิ่มขึ้น แล้ว และอาจลดลงเล็กน้อยในอนาคตด้วยซ้ำ แต่ความต้องการน้ำมันที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่มาจาก ประเทศกำลังพัฒนาโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศจีน การที่คนจีนที่เคยยากจนกำลังมีวิถีชีวิตที่ดีขึ้น อย่างรวดเร็วทำให้การบริโภคน้ำมันเพิ่มขึ้นไปด้วย (เคยซื้อจักรยานเปลี่ยนมาใช้รถยนต์ เป็นต้น วิถีชีวิต เหล่านี้เมื่อเปลี่ยนไปแล้วมันไม่ย้อนกลับ การบริโภคน้ำมันลักษณะนี้จึงเพิ่มขึ้นแบบถาวร ไม่มีคำว่า ลดลง) ทุกวันนี้ยังมีคนจีนในชนบทอีกหลายร้อยล้านคนที่ยังรอการเข้าสู่วิถีชีวิตแบบสังคมเมือง ประเทศจีนจึงยังต้องบริโภคน้ำมันเพิ่มขึ้นอีกมากในอนาคต (กำลังการผลิตน้ำมันของโลกคือสิ่งที่ กำหนดยกระดับชีวิตของคนจีนในเวลานี้นั่นเอง) ประมาณกันว่า ภายในปีพ.ศ.2573 โลกจะต้องการ น้ำมันเพิ่มขึ้นราว 20% [2] จากปัจจุบัน แต่กำลังการผลิตน้ำมันกลับกำลังถึงขีดจำกัด และจะลดลง เรื่อยๆ ดังนั้นเมื่อใดที่จุดที่มีความต้องการน้ำมันมากที่สุดมาถึง หากราคาน้ำมันจะพุ่งขึ้นไปได้สูงเกิน 200 ดอลลาร์ต่อบาร์เรลก็ไม่ใช่ว่าเรื่องแปลก ในช่วงสองปีที่ผ่านมาวิกฤตซับไพรม์ได้ทำให้การบริโภคน้ำมันของโลกชะลอตัวลงไปชั่วคราว แต่บัดนี้การฟื้นตัวของเศรษฐกิจกำลังทำให้ทุกอย่างกลับมาสู่ แนวโน้มเดิมอีกครั้ง ซึ่งในเวลานี้มีความเป็นไปได้ว่ายุคขาดแคลนน้ำมันอาจมาถึงเร็วในปีพ.ศ.2558 นี้ เลยทีเดียว [3] เหตุการณ์นี้ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน และราคาน้ำมันมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่าง รวดเร็ว หากเปรียบเทียบกับราคาพลังงานไฟฟ้าแล้ว ก็พบว่าราคาพลังงานไฟฟ้ามีราคาที่ถูกลงกว่าอย่าง เห็นได้ชัด จึงได้มีการค้นคว้าและพัฒนาแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง

เดิมนั้นมีรถยนต์แบบก๊าซและดีเซลที่ใช้งานอยู่บนท้องถนน แต่เมื่ออุตสาหกรรมรถยนต์เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงเกิดรถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานน้ำมันขึ้น โดยข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างรถก๊าซและไฮบริดนั้นก็คือวิธีการทำงานของเครื่องยนต์ รถยนต์ไฮบริดนั้นเป็นการผสมผสานระหว่างเครื่องยนต์เบนซินกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยยานพาหนะแบบดั้งเดิมใช้การขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์เท่านั้น ซึ่งรถยนต์ไฮบริดเป็นระบบที่ซับซ้อนเนื่องจากการควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องจักรกลในการจัดการเครื่องยนต์และมอเตอร์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับสภาพการขับขี่ที่ต่างกันไป



รูปที่ 1.1 ข้อได้เปรียบในเชิงประสิทธิภาพของรถยนต์ไฟฟ้า  
(ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varticle/38425>)

รถยนต์ไฮบริดการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับควบคุมคอมพิวเตอร์ที่สลับไปมาระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ โดยจะรักษาการชาร์จแบตเตอรี่และระบบอื่นที่ซับซ้อน ยกตัวอย่างเช่นการทำงานของระบบขณะลงเขาและขณะเบรก ทั้งสองสถานการณ์นี้ ระบบขับเคลื่อนจะไม่ต้องการกำลังมาใช้ในการขับเคลื่อน แต่จะเปลี่ยนกำลังที่ได้จากแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นให้กลับไปอยู่ในรูปไฟฟ้า และนำไปสำรองไว้ในแบตเตอรี่แทน, นอกจากนี้ยังมีระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อนองค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งานรถก๊าซขับเคลื่อนเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน, การส่งผ่านมาตรฐานหรืออัตโนมัติกระแสดับคาร์บูเรเตอร์หรือระบบหัวฉีดเชื้อเพลิง, หัวเทียน, เพลาข้อเหวี่ยงและแบตเตอรี่ ในด้านการประหยัดน้ำมัน ไม่ใช่ว่าไฮบริดทุกชนิดจะมีเป้าหมายในด้านการประหยัดน้ำมัน เช่นรถลาร์เฟอร์รารี ใช้การทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์รวมกันซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพสูง รถไฮบริดส่วนใหญ่ แต่จะใช้ประโยชน์จากพลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อรถขับเคลื่อนโดยใช้พลังงานของมอเตอร์จึงไม่มีการใช้เชื้อเพลิงเลย ตามรายงานการทดสอบผู้บริโภครถยนต์ไฮบริดส่วนใหญ่จะมีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นกว่าการใช้ก๊าซอย่างเดียว ตัวอย่างเช่นฮอนด้าซีวิกไฮบริดมีพิคอัพที่ 40 ไมล์ต่อ

แกลลอน (MPG) เมื่อเทียบกับมาตรฐาน ซีวีค 29 ไมล์ต่อแกลลอน , ฮุนไดโซนาต้าไฮบริด ที่มีการจัดการ 33 ไมล์ต่อแกลลอน เมื่อเทียบกับโซนาต้าเอสอี 27 ไมล์ต่อแกลลอน, และฟอร์ดฟิวชั่นไฮบริด ซึ่งมีค่าพิคอัพที่ 34 ไมล์ต่อแกลลอน โดยแข่งกับเอสอีแอล 24 ไมล์ต่อแกลลอน เพราะขาดเทคโนโลยีปฏิรูปการเบรครถยนต์ที่ใช้ก๊าซจะใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นถ้ามีการเบรกและการเร่งบ่อยซึ่งเป็นเรื่องธรรมดา บนถนนในเมือง ในด้านท่อไอเสียการปล่อยมลพิษรถยนต์ไฮบริดทั่วไปจะปล่อยมลพิษน้อยกว่าร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับรุ่นดั้งเดิม เนื่องจากรถยนต์ไฮบริดไม่มีการปล่อยก๊าซทั้งหมด โดยไฮบริดจะอาศัยการทำงานมอเตอร์เป็นส่วนใหญ่เพื่อลดการปล่อยก๊าซในการจราจรที่ติดขัด เนื่องจากความซับซ้อนของรถประเภทไฮบริดมีมากขึ้นและค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงของแบตเตอรี่ที่ชาร์จได้หลายครั้ง อย่างไรก็ตามตามรายงานของผู้บริโภค ไฮบริดส่วนใหญ่ทำให้เห็นความแตกต่างราคาในมูลค่าประมาณปีของการขับรถ เนื่องจากเงินที่สามารถประหยัดได้โดยการประหยัดค่าน้ำมันรถยนต์ไฮบริดเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกว่ารถก๊าซ แต่ยังเป็นสิ่งที่มีราคาแพงมากซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานแต่ละประเภทของแต่ละบุคคล [4]

รถยนต์ไฮบริดธรรมดา เช่น โตโยต้าพริอุส รวมทั้งรถยนต์ที่มีเครื่องยนต์เบนซินร่วมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมอเตอร์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ไม่สามารถเสียบชาร์จได้ แต่แบตเตอรี่จะดึงพลังงานขณะที่รถเบรก ใช้หลักการแปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานนี้จะสูญเสียได้ตามปกติในรถยนต์ทั่วไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮบริด เทคโนโลยีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงไฮบริดสามารถเพิ่มการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มาก ยกตัวอย่างเช่นในปีพ.ศ.2557 รถฮอนด้าไฮบริดสามารถประหยัดพลังงาน 47 ไมล์ต่อแกลลอน เมื่อเทียบกับรวม 30 แกลลอนสำหรับรุ่นที่ไม่ใช่ไฮบริด 12,000 ไมล์ต่อปีและราคา 4 ดอลลาร์ต่อแกลลอนน้ำมันเบนซินนั้นหมายความว่าประหยัดกว่า 575 ดอลลาร์ในแต่ละปี

รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน (PHEVs) มีความคล้ายคลึงกับไฮบริดแบบเดิมในการที่พวกเขาใช้ทั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องยนต์สันดาปภายในยกเว้นแบตเตอรี่ รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอินสามารถชาร์จได้โดยเสียบเข้ากับเต้าเสียบ เหตุใดจึงต้องเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน แทนที่จะเป็นไฮบริดแบบเดิม เพราะมีข้อดีแตกต่างจากไฮบริดทั่วไป รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอินสามารถทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันเบนซิน เช่นในรุ่น ฟอร์ดฟิวชั่นเอเนอจี 2014 ตัวอย่างเช่นสามารถวิ่งประมาณ 21 ไมล์โดยใช้แค่ไฟฟ้าและ รุ่นเซฟโรเลตโวลต์ 2014 สามารถวิ่งได้ 38 ไมล์ก่อนที่จะมอเตอร์น้ำมันจะทำงาน

คนขับรถหลายคนใช้ระยะทางที่น้อยกว่าในแต่ละวัน ในการสำรวจยูซีเอสทีที่ผ่านมา ร้อยละ 54 ของผู้ตอบแบบสอบถามรายงานการขับรถน้อยกว่า 40 ไมล์ต่อวัน นอกจากนี้การใช้ไฟฟ้าแทนน้ำมันมีราคาถูกและเป็นพลังงานสะอาดสำหรับคนส่วนใหญ่ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขับรถ 100 ไมล์ในการผลิตไฟฟ้าเป็นเพียง 3.45 ดอลลาร์เมื่อเทียบกับ 13.52 ดอลลาร์สำหรับการขับรถที่ใช้ น้ำมัน 100 ไมล์

รถยนต์ไฟฟ้าแบบมีแบตเตอรี่ (BEVs) ทำงานได้เฉพาะในการผลิตไฟฟ้าผ่านแบตเตอรี่แบบชาร์จโดยเสียบเข้ากับเต้าเสียบหรือสถานีชาร์จ เช่น นิสสันลีสฟ , เพียตต้าร้อยอี และเทสลารุ่นเอส ในประเภทนี้แม้ว่าจะมียานพาหนะไฟฟ้าแบบมีแบตเตอรี่อื่นๆ อีกมากมายในตลาด ยานพาหนะเหล่านี้มีเครื่องยนต์เบนซินไม่มีอีกต่อไปช่วงที่ขับรถไฟฟ้าเมื่อเทียบกับรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน และไม่เคยทำให้ท่อไอเสียรั่ว ในตลาดทุกวันนี้ โดยทั่วไปสามารถวิ่งได้ 60-80 ไมล์ต่อการชาร์จหนึ่งครั้งแต่ รถเทสลาสามารถเดินทางกว่า 200 ไมล์ต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง [5]

รถยนต์ไฟฟ้าคือรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ โดยมีเครื่องควบคุมการทำงานของชุดแบตเตอรี่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ จะถูกกำหนดโดยตัวควบคุมมอเตอร์ (Motor Controller) ซึ่งเปรียบเหมือนของรถและเป็นองค์ประกอบหลักของระบบพลังงานถ้ารถไฟฟ้ามีระบบมอเตอร์แบบกระแสสลับ ระบบพลังงานจะมีส่วนที่เป็นตัวแปลงกลับ (Inverter) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง จากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายให้มอเตอร์การขับเคลื่อนของรถจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ซึ่งถูกส่งไปยังล้อผ่านเพลาขับเคลื่อนรถ [6][7]

ข้อได้เปรียบของรถยนต์ไฟฟ้าที่เหนือกว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน ส่วนน่าสนใจที่สำคัญคือ รถยนต์ไฟฟ้ามีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน เพราะว่ามันไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงใดๆเลย นั่นเป็นเรื่องสำคัญสำหรับผู้ซื้อที่กำลังมองหาวิถีทางที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

นอกจากนี้ยานพาหนะไฟฟ้าช่วยให้ผู้ขับขี่ประหยัดเงินมากขึ้นกว่าไฮบริดแบบปลั๊กอินเพราะไม่ได้ใช้เชื้อเพลิงใดๆ และก็มีช่วงการใช้ไฟฟ้าที่แน่นอนกว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน นั่นหมายความว่าคนขับรถที่ต้องการจะขับเคลื่อนให้นานที่สุดเท่าที่เป็นไปได้โดยไม่ต้องใช้การลดลงของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะได้รับสมรรถนะที่ดีขึ้นในการขับรถยนต์ไฟฟ้ากว่ารถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอินยังมีข้อบกพร่องบางอย่างคือ รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอินสามารถขับเคลื่อนเป็นระยะทาง 30 หรือ 40 ไมล์โดยใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเต็มที่และใช้น้ำมันเบนซินอีก 200-300 ไมล์ในระยะทางทั้งหมด แต่รถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะจำกัด อยู่ที่ 60 ถึง 70 ไมล์ของระยะทางรวม นั่นหมายความว่าคนขับกับการเดินทางที่ยาวหรือผู้ที่เดินทางเป็นประจำกว่า 60 ถึง 70 ไมล์โดยไม่ต้องหยุดค้างคืนที่ควรจะใช้รถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอินแทนรถยนต์ไฟฟ้า ยกเว้นคือเทสลารุ่นเอส ซึ่งสามารถเดินทางไปกว่า 150 ไมล์ระหว่างการชาร์จ [8]

แต่รถยนต์ไฟฟ้าจะมีข้อจำกัดเรื่องแบตเตอรี่ที่ใช้ ถ้าหากต้องการความจุสูง ขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ก็จะมากขึ้นไปด้วย และเรื่องการชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้เวลานานและสถานีชาร์จมีจำกัดรวมทั้งราคาของยานยนต์และแบตเตอรี่ยังมีราคาที่สูง จากข้อจำกัดดังกล่าวทำให้รถยนต์ไฟฟ้ายังไม่เป็นที่นิยมมากนัก [9] บริษัทยานยนต์ต่างๆ หรือนักวิจัยจึงได้มีการพัฒนาปรับปรุงระบบต่างๆ เพื่อกำจัดข้อจำกัดเหล่านั้นให้หมดไป อย่างเช่น ทีมวิจัยวิศวกรจากมหาวิทยาลัยโคเกียว่าได้ค้นพบวิธีเพิ่มความจุแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนถึง 7 เท่า ด้วยการด้วยการเพิ่มโคบอลต์เข้าไปใน

โครงสร้างผลึกของ ลิเทียมออกไซด์ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลงระหว่างไอออนออกไซด์ (Oxide ions) และเปอร์ออกไซด์ (Peroxide ions) ที่ขั้วบวก ทำให้เกิดปฏิกิริยาส่งพลังและชาร์จเข้า ประจุแบตเตอรี่พร้อมกัน [10] ปัจจุบันนี้แบตเตอรี่ที่นิยมสำหรับยานพาหนะไฟฟ้าคือ ตะกั่วกรด, นิกเกิล-แคดเมียม , นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และลิเทียมไอออน

จากพัฒนาการของเทคโนโลยีลิเทียมไอออนทำให้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก โดยแบตเตอรี่ที่มีน้ำหนักเท่ากัน ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะมีรถยนต์ไฟฟ้าที่มีระยะขับเคลื่อนถึง 500 กิโลเมตร แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังมีราคาแพงมาก มีราคาถึง 1000 ดอลลาร์ต่อ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ดังนั้นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีระยะขับเคลื่อนมากจะมีราคาแพงมาก แต่เป็นที่คาดกันว่าราคาของลิเทียมไอออนแบตเตอรี่จะลดลงเหลือเพียง 300 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ภายใน 15 ปี จากการวิจัยและพัฒนาและการผลิตจำนวนมาก ดังนั้นรถยนต์ไฟฟารุ่นแรกน่าจะมีระยะขับเคลื่อนระดับปานกลาง 100-150 กิโลเมตร เพื่อรักษาระดับราคาการผลิตไม่ให้สูง ในระยะนี้การเพิ่มระยะขับเคลื่อนอาจทำได้โดยการตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่ขึ้นเพื่อให้บริการผู้ใช้รถยนต์ไฟฟ้า มีรายงานว่าประเทศอิสราเอลและเดนมาร์ก เริ่มวางแผนที่จะจัดตั้งสถานีชาร์จแบตเตอรี่จำนวนมากเพื่อรองรับการใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน

บริษัทรถยนต์หลายแห่งกำลังผลิตรถยนต์ไฟฟารุ่นใหม่ รถยนต์ไฟฟ้าของบริษัทมิตซูบิชิ ซึ่งใช้ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่และขับเคลื่อนได้ 130 กิโลเมตรต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ออกสู่ตลาดในปี พ.ศ. 2552 ด้วยราคา 25,000 ดอลลาร์ - 30,000 ดอลลาร์ การชาร์จแบตเตอรี่แต่ละครั้งให้เต็มต้องใช้เวลามากกว่า 10 ชม. แต่ขณะนี้บริษัทมิตซูบิชิได้พัฒนาเทคโนโลยีชาร์จแบตเตอรี่ที่ชาร์จได้เร็วขึ้นมาก โดยสามารถชาร์จไฟฟ้าได้ 80% ของความจุสูงสุดของแบตเตอรี่ภายใน 30 นาทีข้อได้เปรียบของรถยนต์ไฟฟ้าก็คือ ระบบแบตเตอรี่-มอเตอร์ไฟฟ้า มีประสิทธิภาพสูงกว่า ระบบน้ำมัน-เครื่องยนต์แบบสันดาปภายในถึงประมาณ 3 เท่า รถยนต์ไฟฟ้าขนาดมาตรฐานจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.16 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อ 1 กิโลเมตร หรือประมาณ 0.50 บาทต่อกิโลเมตร ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำมันมาก และหากชาร์จไฟฟ้าในเวลากลางวัน ราคาพลังงานไฟฟ้าจะต่ำกว่านี้ [11]

บริษัท เอนเนเรส จำกัด (Eneres Co., Ltd.) และบริษัทนิสสันมอเตอร์ จำกัด เริ่มต้นการทดสอบด้านการจัดการพลังงานโดยใช้ "Leaf to Home" ระบบแหล่งจ่ายกำลังขึ้นกับยานพาหนะไฟฟ้านิสสันลิฟ บริษัททั้งสองจะทดสอบผลกระทบของการชาร์จแบตเตอรี่ของยานพาหนะไฟฟ้า ในการจัดการพลังงานการทดสอบภาคสนามของทั้งสองบริษัทจะดำเนินการตอบสนองความต้องการ โดยมีจุดมุ่งหมายในการสร้างความมั่นใจกำลังการผลิตและกำลังผลิตสำรองในขณะที่ยอดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด พวกเขาจะตรวจสอบประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของการใช้ ปรับอุปสงค์และอุปทานในเวลาเมื่อแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ถูกตัดออกได้ ตัวอย่างเช่นพวกเขาจะทดสอบ ผลกระทบของการประหยัดพลังงานโดยใช้ระบบ V2H (vehicle to home) หรือ V2B (vehicle to building) ซึ่งหมายถึงการใช้รถยนต์นิสสันลิฟจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับบ้านเรา (V2H) และใช้ระบบไฟฟ้าจาก

แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าหลายๆคัน ในจุดชาร์จหลายๆที่ มาจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอาคารหนึ่งหรือหลายอาคารในเมืองในช่วงชั่วโมงที่เกิดค่าความต้องการสูงสุด [12]

ต่อไปเป็นตัวอย่างของรูปการคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้า โดยใช้วิธีการชาร์จไฟฟ้ายานพาหนะที่ดีที่สุดในการอธิบายการใช้งานไฟฟ้าของบ้านเรือนและข้อจำกัดของการจำหน่ายกำลังไฟฟ้า โดยวิธีนี้ใช้ในการศึกษาสำหรับที่พักรถหลายชนิดที่แตกต่างกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์การทำงานเบื้องต้นของยานพาหนะไฟฟ้า โดยสมมุติใช้หนึ่งยานพาหนะไฟฟ้า ต่อหนึ่งครอบครัว รูปแบบการชาร์จให้ ยานพาหนะไฟฟ้า ที่เหมาะสมที่สุดถูกอธิบายด้วยเวลาของวันที่จะได้พลังงานที่มากที่สุดในการนำไปใช้ การรวบรวมค่าของผู้บริโภคต่อชั่วโมง พบว่าช่วงเวลาของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า สามารถใช้ในการคำนวณการทดลองสถานการณ์ของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าได้ บริษัทจำหน่ายไฟฟ้าสามารถใช้กระบวนการนี้ในการวางแผนอนาคตรวมไปถึงการคำนวณและการตัดสินใจเพื่อสนับสนุน โดยข้อมูลที่ได้สามารถใช้ในการอธิบายความสามารถของระบบการจำหน่ายไฟฟ้าที่มีอยู่ในการจ่ายพลังงานให้ผู้บริโภค รวมไปถึงอุปกรณ์เก็บพลังงาน เช่นแบตเตอรี่ของยานพาหนะไฟฟ้า [13]

อย่างในประเทศไทยได้มีการส่งเสริมให้ประชาชนใช้รถยนต์ไฟฟ้า เช่น การไฟฟ้านครหลวงขยายสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ารวม 10 สถานีทั่วกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ พร้อมให้บริการและรองรับการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าแห่งอนาคต และเพิ่มประสิทธิภาพงานบริการ โดยได้ร่วมมือกับบริษัท เอบีบีเดินหน้าศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเครื่องชาร์จไฟฟ้าแบบเร็วสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Quick Chargers for Electric Vehicles) [14] และเริ่มมีการนำเข้ารถยนต์พลังไฟฟ้ามาจำหน่ายในประเทศ อย่างเช่นนิสสันลิฟท์ใช้พลังงานไฟฟ้า 100% โดยมีการเปิดตัวยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นใหม่ๆ ทุกปี

ในอนาคตจะมีการใช้ยานยนต์พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณการชาร์จแบตเตอรี่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) สูงขึ้นประเทศจึงต้องจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการที่มีแนวโน้มที่จะสูงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยในแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหาพลังงาน และเมื่อความต้องการใช้พลังงานสูงสุดมากขึ้น จึงจำเป็นต้องสร้างแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่ม เช่น การสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่ม ทั้งโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน หรือโรงไฟฟ้าความร้อนร่วม โดยทั้งหมดต้องใช้เชื้อเพลิงเช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ซึ่งมีปริมาณน้อยลงเรื่อยๆ ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น ทำให้ราคาต่อหน่วยไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นด้วย การสร้างเขื่อนที่ใช้งบประมาณมหาศาล ส่งผลกระทบต่อภาวะแวดล้อมและระบบนิเวศต่างๆ มากมาย จึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่จะลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดนี้ลง แนวทางการลดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ 1) ลดกำลังไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด 2) เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดต่ำ 3) เฉลี่ยการใช้โหลดในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกัน 4) อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ อย่างเช่นโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) ซึ่งเป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต

ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพปัจจัยสำคัญที่ทำให้ระบบสมาร์ทกริดเกิดขึ้นเป็นเพราะแนวโน้มในธุรกิจไฟฟ้าของโลกเบนเข็มมาที่การใช้พลังงานสะอาดจากพลังงานลม แสงอาทิตย์ หรือพลังงานชีวภาพอื่นๆ แต่ทั้งหมดนี้ยังขาดการบริหารการผลิตหรือรองรับการจัดเก็บในระบบอุตสาหกรรม จึงไม่สามารถจัดสรรพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในระบบในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ระบบสมาร์ทกริดนี้จึงเข้ามาช่วยจัดการการผลิต จัดเก็บ และจัดสรรพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฉะนั้นไม่เพียงประหยัดค่าใช้จ่าย แต่ระบบนี้ยังมุ่งเน้นไปในด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการพลังงานทดแทนด้วย [15][16]



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง  
(ที่มา : <http://www.dek-d.com/board/view/3011435/>)

ในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ด้วย เช่นที่การไฟฟ้านครหลวงร่วมจัดกิจกรรมภายใต้แนวคิด "Leveraging for Tomorrow ต่อยอดสู่วิถีชีวิตอนาคต" ภายในงานบางกอกอินเตอร์เนชั่นแนล ออโต ซาลอน พ.ศ.2556 นำรถยนต์พลังงานไฟฟ้าพร้อมจำลองสถานีชาร์จไฟสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อประชาสัมพันธ์ ทิศทางการเติบโตและการบริหารจัดการ ของยุทธกรรมพลังงานไฟฟ้าและเทคโนโลยียานพาหนะไฟฟ้า ซึ่งการไฟฟ้านครหลวงเป็นผู้ดำเนินการในการผลักดันให้มีสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Charging Station) เป็นแห่งแรกในประเทศ เตรียมเปิดเพิ่มอีก 9 สถานีรวมเป็น 10 สถานี ภายในปี พ.ศ.2556 [17]

การชาร์จแบตเตอรี่ของยานพาหนะไฟฟ้าจะเพิ่มความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตก การมีความร้อนเกินและการเพิ่มขึ้นของการสูญเสีย ผลกระทบเหล่านี้จะได้รับผลกระทบจากพฤติกรรมของผู้เป็นเจ้าของยานพาหนะไฟฟ้าแรงดันต่ำทั่วไป 3 เฟส ที่อยู่อาศัยรูปแบบเครือข่ายการจัดจำหน่ายจะใช้ในการประเมินผลกระทบของแบตเตอรี่ชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า ในเครือข่ายการจัดจำหน่ายที่มีการสร้างแบบกระจาย (Distributed Generation - DG) ฟังก์ชันการควบคุมที่ชาร์จแบตเตอรี่ยานพาหนะไฟฟ้าถูกกำหนด ขึ้นกับความต้องการของลูกค้า

และข้อจำกัดระบบจ่ายไฟฟ้า การที่ภาระไฟฟ้าอุณหภูมิเกิน แรงดันตกและการสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับแต่ละกรณี จะมีผลกระทบต่อแบตเตอรี่ [18]

การปรับปรุงแบตเตอรี่สำหรับยานพาหนะที่ขับเคลื่อนโดยไฟฟ้ารวมทั้งรถยนต์แบบไฮบริด (HEV) และรถยนต์แบบปลั๊กอิน (PEV) เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมด้านยานพาหนะและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ในความเป็นจริงการเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วของรถยนต์แบบไฮบริดและรถยนต์แบบปลั๊กอิน และสามารถลดการพึ่งพาสหรัฐอเมริกา น้ำมันจากต่างประเทศถึง 30-60% และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึง 30-45% ขึ้นอยู่กับการผสมผสานของเทคโนโลยีที่แน่นอน สำหรับภาพรวมทั่วไปของยานพาหนะไฟฟ้าให้ดูการออกแบบทดลอง (Design of Experiment – DOE) หน้าศูนย์ข้อมูลน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกในรถแบบไฮบริดและแบบปลั๊กอินและแบตเตอรี่ของรถ

เทคโนโลยียานพาหนะในสำนักงานมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนปริมาณและน้ำหนักของแบตเตอรี่ ในขณะที่เดียวกันการปรับปรุงประสิทธิภาพของแบตเตอรี่รถ (พลังงานไฟฟ้าและความทนทาน) และความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อม การเข้าถึงเป้าหมายในพื้นที่สำนักงานเหล่านี้ และการขายเทคโนโลยีการจัดเก็บพลังงานขั้นสูงจะช่วยให้ส่งเสริมให้ผู้คนหันมาซื้อและใช้มากขึ้นในด้านรถยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังจะช่วยให้กระทรวงพลังงานตอบสนองยานพาหนะไฟฟ้า ทุกเป้าหมายความท้าทายของการให้ทำสหรัฐอเมริกากลายเป็นประเทศแรกในโลกที่จะผลิตยานพาหนะไฟฟ้าแบบปลั๊กอินที่เหมาะสมสำหรับครอบครัวชาวอเมริกันในทุกวันนี้ โดยเฉลี่ยจะแทนยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันภายใน 10 ปีข้างหน้า [19]

ผลกระทบของการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าต่อความต้องการพลังงานและการใช้ไฟฟ้าจะมีการกำหนดไว้ไม่เพียงแต่ จำนวนของรถยนต์ไฟฟ้า (EVs) ที่ใช้งานและรูปแบบการใช้งานของแต่ละครัวเรือน แต่ยังตามจำนวนยานพาหนะไฟฟ้า ที่ถูกชาร์จอยู่และลักษณะในการชาร์จ เกณฑ์การใช้งานของแบตเตอรี่ กรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นปัญหาสำคัญหลายประการเกี่ยวกับผลกระทบจากโหลดยานพาหนะไฟฟ้า อาจจะมีต่อระบบการจ่ายไฟฟ้าทั่วไปในบ้าน ประการแรกมันอาจจะไม่เพียงพอที่จะมีกำลังการผลิตที่เพียงพอในช่วงระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย เพื่อให้มั่นใจในความสามารถของระบบ ในการรองรับโหลดรถยนต์ไฟฟ้า โดยไม่มีผลข้างเคียง ข้อจำกัด ในเรื่องระดับในการจ่ายไฟจะต้องได้รับการศึกษาอย่างถูกต้อง ประการที่สอง โหลดยานพาหนะไฟฟ้าขนาดใหญ่สามารถทำให้เกิดค่าสูงสุดในช่วงระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการจัดตารางเวลาการจัดการระบบการชาร์จ ประการที่สามที่สถานะปัจจุบันของเทคโนโลยียานพาหนะไฟฟ้า รวมทั้งโมดูลแบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ ระบบการจัดจำหน่ายโดยทั่วไปอาจจะไม่สามารถที่จะจัดหาโหลดยานพาหนะไฟฟ้า เกินระดับ 20% ข้อจำกัด นี้ถูกสร้างขึ้นโดยช่วงเวลา (ไม่เกิน 12 ชั่วโมง) ของการชาร์จวงจรของแบตเตอรี่ [20]

ตลาดของรถยนต์ของรถยนต์ประเภทไฟฟ้า (EV) และรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (PHEV) มีขอบเขตของการใช้งานในพื้นที่แตกต่างกันโดย รถยนต์ไฟฟ้าจะนิยมใช้ในต่างประเทศมากกว่าประเทศไทย แต่ก็เป็นที่น่าคิดว่าสถานการณ์จะเปลี่ยนไปในอนาคตอันใกล้และการบุกตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ขึ้นหรือเผยแพร่ขึ้นในสื่อใดๆ

ของยานพาหนะที่ใช้พลังงานแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้น ผลกระทบของระบบปฏิบัติการและปริมาณการใช้ไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบปลั๊กอิน และประโยชน์ใช้สอยในการจ่ายไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างมากในหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย ผลการชาร์จของประเภทต่างๆของแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้ากับอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย มีการวิเคราะห์ฐานโหลดประจำปีทั่วไปในหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายที่มีการพิจารณาและเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่แตกต่างกัน สถานการณ์โหลดชาร์จ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการกระจายไปในการะไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ชาร์จช่วยลดการสูญเสียด้านอายุการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้า [21]

จะเห็นได้ว่าบทความที่ผ่านมาจะไม่กล่าวถึงค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในครัวเรือนนั้นเปรียบเสมือนมีการะไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก จึงได้นำหลักการการคิดค่าไฟฟ้ามาช่วยในการคำนวณค่าไฟฟ้าด้วย คืออัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate - TOU) โดยค่าไฟจะแพงในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) ระหว่างเวลา 09.00 - 22.00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์ เนื่องจากการไฟฟ้าต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงทุกชนิด ทั้งที่มีราคาถูกและแพง เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่ในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) ระหว่างเวลา 22.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์ และทั้งวันของวันเสาร์ - อาทิตย์ และวันหยุดราชการที่ไม่รวมวันหยุดชดเชย ค่าไฟจะถูก เนื่องจากการไฟฟ้า สามารถเลือกเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ที่ใช้เชื้อเพลิงราคาถูกได้ ดังนั้น อัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ จึงเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริง ซึ่งจะเกิดประโยชน์ดังนี้

1. ประเทศชาติ สามารถลดงบประมาณก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบการจำหน่ายไฟฟ้า และลดการขาดดุลในการนำเข้าเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

2. การไฟฟ้านครหลวง ให้บริการที่เป็นทางเลือกใหม่แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าและกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่สอดคล้องกับต้นทุนค่าไฟฟ้าจริงยิ่งขึ้น และยังสามารถลดขนาดและต้นทุนจากการใช้อุปกรณ์ เช่น ลดขนาดของสายส่งหรือสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นลง ซึ่งจะทำให้สามารถลงงบประมาณลงทุนและการบำรุงรักษาของการไฟฟ้านครหลวงลง

3. ประชาชนกลุ่มผู้เข้าร่วมโครงการจะได้ประโยชน์โดยตรง คือเสียค่าไฟฟ้าลดลง แม้ว่าจะยังคงใช้ไฟฟ้าเท่าเดิม และเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มนี้สามารถปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าให้สอดคล้องกับอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ มากขึ้น เช่น ชักผ้ารีดผ้าจำนวนเท่าเดิม แต่เปลี่ยนเวลาจากวันธรรมดา เป็นวันหยุดราชการแทน หรือเลื่อนการเปิดเครื่องปรับอากาศจากเดิม 20.00 น. เป็น 22.00 น. ค่าไฟฟ้าก็ยิ่งลดลงไปอีกหรือผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้าน้อยและไม่สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้แม้ว่าจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าแล้วก็ตาม แต่เมื่อมีผู้ใช้ไฟฟ้าอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ มากพอ ก็จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าถูกลง เนื่องจากต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยรวมของประเทศต่ำลงอัตราค่าไฟฟ้าแบบที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้จึงเป็น

อัตราค่าไฟฟ้าที่ส่งสัญญาณให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [22]

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงของดวงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อนำมาใช้ในภายหลัง เซลล์แสงอาทิตย์ปัจจุบันมีราคาถูกลงกว่าเมื่อก่อนมาก ทำให้เริ่มเป็นที่นิยมนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในครัวเรือน โดยสามารถนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิด เช่น ไฟแสงสว่าง พัดลม คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ เครื่องชาร์จโทรศัพท์ ฯลฯ ส่วนจะใช้ได้นานมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับ ปริมาณไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ และ อัตราการใช้ไฟฟ้า ของเครื่องมือเครื่องใช้แต่ละชนิด โดยกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากแสงได้โดยตรงของเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีการจุดระเบิดและไม่มีการเผาไหม้จึงเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อมลพิษหรือมลภาวะต่อมนุษย์ การสำรองพลังงานไฟฟ้าและจัดเก็บพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำรองในการจัดเก็บพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ อย่างเช่น แบตเตอรี่ ในทางปฏิบัติแบตเตอรี่ทุกชนิดนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-acid Battery) [23]

จากที่กล่าวมาข้างต้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีแผนและแนวคิดในลดค่าการใช้พลังงานสูงสุด โดยวิธีการคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้หรือการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มาชาร์จแบตเตอรี่ช่วงเวลากลางวันที่เป็นช่วงระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามก(On Peak) รวมทั้งศึกษาหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จแบตเตอรี่ของจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้า และหาวิธีการหรือแนวทางแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบจากชาร์จแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าและผลกระทบต่อโหลดที่อยู่ในวงจรเดียวกันและโหลดวงจรใกล้เคียง
2. เพื่อศึกษาวิธีการลดค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ที่เกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน
3. เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบจ่ายไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนภายในครัวเรือน
4. ทำชุดกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดลอง

## 1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าภายในบ้าน ทั้งด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าและผลกระทบต่อโหลดทั้งที่อยู่ในวงจรเดียวกันและวงจรใกล้เคียง โดยจัดทำกล่องอุปกรณ์วัดค่าทางไฟฟ้าเพื่อใช้ในการทดลองและ ศึกษาค่าไฟฟ้าจากการคิดแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) และวิธีการลดการใช้พลังงานงานสูงสุด (Peak Demand) โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาช่วยจ่ายพลังงานให้กับแบตเตอรี่

## 1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของแบตเตอรี่
2. ทดลองชาร์จแบตเตอรี่เพื่อหาผลกระทบต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้าและโหลดที่ต่ออยู่ในวงจรเดียวกัน
3. หาแนวทางหรือวิธีการแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้น
4. หาวิธีการลดพลังงานการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
5. บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง และทำการปรับปรุงชิ้นงาน
6. สรุปผลการทดลอง นำเสนอผลงานและจัดทำรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา																																							
	ส.ค.2557				ก.ย.2557				ต.ค.2557				พ.ย.2557				ธ.ค.2557				ม.ค.2558				ก.พ.2558				มี.ค.2558				เม.ย.2558				พ.ค.2558			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. ศึกษาหัวข้อโครงการและการปฏิบัติงาน	←→																																							
2. เตรียมรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมแบตเตอรี่					←→																																			
3. ศึกษารวบรวมข้อมูลที่จะทำการทดลอง																																								
3.1 ศึกษาด้านระบบชาร์จแบตเตอรี่					←→																																			
3.2 ศึกษาเรื่องผลกระทบ					←→				←→																															
3.3 ศึกษาการจ่ายพลังงานทดแทน									←→				←→																											
4. จัดเตรียมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย									←→				←→																											
5. ตรวจสอบวัดค่าผลกระทบจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า													←→				←→																							
6. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาผลกระทบที่เกิดขึ้น ศึกษาหาข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข																					←→				←→															
7. สรุปผลการทดลอง จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์																													←→				←→							

←→ แทนระยะเวลาที่วางแผนไว้

←·····→ แทนระยะเวลาที่ดำเนินงานจริง

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ

1.6.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากการอนุรักษ์การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.6.1.1 ช่วยในการประหยัดค่าไฟฟ้าแก่ผู้ใช้เพราะนำพลังงานทดแทนมาใช้

1.6.1.2 ช่วยลดค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

1.6.1.3 ช่วยสร้างแรงจูงใจในการใช้พลังงานทดแทนและอัตราค่าไฟ TOU

1.6.2 ประโยชน์ในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.6.2.1 รู้ถึงผลกระทบจากการชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในบ้าน

1.6.2.2 โครงการวิจัยนี้สามารถเป็นต้นแบบหรือเป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจ

และศึกษาในการออกแบบระบบ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดได้ในอนาคต

## 1.7 การจัดโครงสร้างของเนื้อหาภายในปฏิญญาพันธันท์

ปฏิญญาพันธันท์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาและสาระที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบจากการชาร์จแบตเตอรี่ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัยขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ รวมถึงวิธีการดำเนินงานและแผนการดำเนินโครงการตลอดจนประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับโครงการ ทั้งการประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ การคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า

บทที่ 3 วิธีการวัด และการตรวจสอบผลกระทบจากการชาร์จ ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินการของโครงการทั้งด้านการเตรียมอุปกรณ์ การต่อวงจร การสร้างกรณีศึกษาสมมติในการชาร์จแบตเตอรี่ในลักษณะต่างๆ วิธีการตรวจวัดพลังงาน วิธีการตั้งค่าเครื่องวัด

บทที่ 4 ผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการทดลอง ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ ที่วัดได้และกราฟที่ได้จากอุปกรณ์การวัด ที่ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองเพื่อดูผลของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการสมมติกรณีต่างๆ ขึ้นมาในแต่ละสภาวะของการชาร์จแบตเตอรี่ในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

บทที่ 5 บทสรุป ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนา ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง การอภิปรายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง และเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา รวมถึงแนวทางการพัฒนาต่อยอดทั้งในด้านการใช้พลังงานทดแทนในครัวเรือนและการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ภาคผนวก ในส่วนของภาคผนวกประกอบไปด้วยข้อมูลการทดลอง คุณสมบัติของแบตเตอรี่และการชาร์จแบตเตอรี่ รวมถึงบทความทางวิชาการต่างๆ

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality)

ตามมาตรฐานสากล IEC และ IEEE ให้ความหมายของคำว่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าคือ คุณลักษณะกระแสแรงดัน และความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติโดยไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดความเสียหาย เหตุผลหลักที่ทำให้มีการพิจารณาถึงคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1. เนื่องจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีเทคโนโลยีสูงขึ้นซึ่งจะมีความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกำลังไฟฟ้า โดยเฉพาะอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ดังเช่น อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ PLC และรีเลย์บางชนิดฯ

2. การเพิ่มขึ้นของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีเทคโนโลยีสูงขึ้น

3. ผู้ใช้ไฟทราบถึงปัญหาที่มีผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้า เช่น ปัญหาจากแรงดันตกชั่วขณะสั้น (Voltage Sag) โดยจะเป็นแนวทางและวิธีการเพื่อปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าให้ดีขึ้น

4. ระบบไฟฟ้าที่มีการเชื่อมต่อถึงกัน ถ้าส่วนใดของระบบเกิดปัญหาคุณภาพไฟฟ้าก็จะทำส่วนอื่นๆ ของระบบได้รับผลกระทบจากปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าตามไปด้วย

ปัญหาคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปเกิดจาก 5 สาเหตุใหญ่

1. จากปรากฏการณ์ธรรมชาติเช่น พายุฟ้าผ่า

2. จากการศึกษาภาวะความผิดปกติ (fault) ทางไฟฟ้าในระบบสายส่งและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

3. จากการกระทำการสวิตชิงอุปกรณ์ในระบบ

4. จากการใช้งานอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นในระบบ

5. จากการต่อลงดินที่ไม่ถูกต้อง

แนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ถูกต้องนั้น จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือกันระหว่างการผลิตไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า เช่นในส่วนของการไฟฟ้าจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพกำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟหรือระบบสายส่งและในระบบจำหน่ายไฟฟ้าและส่วนของผู้ใช้ไฟต้องมีการควบคุมปัญหาลำดับคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจากผู้ใช้อุปกรณ์เองและอาจต้องนำข้อมูลทางไฟฟ้าและปัญหาต่างๆมารวมปรึกษากันและมีการร่วมกับบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อพิจารณาระดับการทำงานที่สัมพันธ์กันของอุปกรณ์กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งจะช่วยลดปัญหาคุณภาพไฟฟ้าในระดับหนึ่ง ในบทความนี้จะกล่าวเพียงคำนิยามปัญหาคุณภาพไฟฟ้าและสาเหตุ เพื่อพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็น ก่อนที่นำเสนอที่ความที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพกำลังไฟฟ้าต่อไป อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า

1. ภาวะชั่วคราว (Transient) คือปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพไฟฟ้า (แรงดัน กระแส) ในเวลาทันทีทันใดจากสภาพปกติแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Impulsive Transients และ Oscillatory Transients

1.1 อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients) คือขนาดกระแสและแรงดันที่มีค่าความชันสูงมาก เกิดขึ้นในทันทีทันใดไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลงกำหนดให้มีชั่วทิศทางเดียวหรือเรียกว่าเสิร์จ (Surge) ดังรูปที่ 2.1 มีสาเหตุเกิดจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจเกิดได้โดยตรงหรือในบริเวณใกล้เคียง ผลทำให้อุปกรณ์ในระบบได้รับความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าเกิน



รูปที่ 2.1 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเกิดอิมพัลส์ชั่วคราวเกิดโดยฟ้าผ่า

มาตรฐาน IEEE std 1159 - 1995 มีการกำหนดค่าอิมพัลส์ตามช่วงระยะเวลาที่เกิดกับค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น (rise time) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้นกับช่วงระยะเวลาการเกิดของอิมพัลส์

อิมพัลส์ภาวะชั่วคราว	ระยะเวลาที่แรงดันเริ่มสูงขึ้น(Rise time)	ช่วงระยะเวลาการเกิด (Duration)
Nanosecond	5 ns	< 50 ns
Microsecond	1 μs	50 ns - 1 ms
Millisecond	0.1 ms	> 1 ms

1.2 ออสซิลเลชันชั่วครู่ (Oscillatory Transient) คือลักษณะของแรงดันหรือกระแสแรงดันมีค่าสูง เกิดขึ้นในทันทีทันใด ไม่มีความถี่เปลี่ยนแปลง มีการเปลี่ยนแปลงชั่ว (บวกลบ) ของรูปคลื่นอย่างรวดเร็ว มีสาเหตุเกิดจากการสวิตซ์ของอุปกรณ์ในระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหาย และฉนวนของอุปกรณ์มีการเสื่อมสภาพหรือมีการสูญเสียความเป็นฉนวนเร็วขึ้น มาตรฐาน IEEE std 1159 - 1995 มีการแบ่งการเกิดออสซิลเลชันในภาวะชั่วครู่ตามขนาดแรงดันและช่วงระยะเวลาการเกิดตามความถี่ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดแรงดันและช่วงเวลาตามความถี่ออสซิลเลชันชั่วครู่

ออสซิลเลชันในภาวะชั่วครู่	ความถี่	ช่วงระยะเวลาการเกิด	ขนาดแรงดัน
Lower Frequency	< 5 kHz	0.3-50 ms	0.4 pu.
Medium Frequency	5-500 kHz	5-20 ms	0-8 pu.
High Frequency	0.5-5MHz	0-5 ms	0.4 pu.

2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันช่วงระยะสั้น (Short Duration Voltage Variation) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าไม่เกิน 1 นาที มีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากสภาวะความผิดปกติ (fault) ทางไฟฟ้า ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตก (Voltage Sag หรือ Voltage Dip) แรงดันเกิน (Voltage Swell) และไฟดับ (Interruptions) มาตรฐาน IEEE Std 1159-1995 มีการเรียกชื่อแรงดันดังกล่าวตามระยะเวลาที่เกิดคือเวลาทันทีทันใด (Instantaneous) , ชั่วขณะ (Momentary) และชั่วครู่ (Temporary) ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระยะเวลาการเกิดแรงดันตก แรงดันเกิน และไฟดับของการเปลี่ยนแปลงแรงดันช่วงเวลานั้นๆ

Voltage Sag &swell		
Instantaneous	Momentary	Temporary
10 ms - 1 sec	1 sec - 3sec	3 sec - 1 min

Interruption	
Momentary	Temporary
1 sec - 3sec	3 sec - 1 min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 แรงดันตกช่วงสั้น (Voltage Sag) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดลดลงระหว่าง 0.1-0.9 pu. ในช่วงเวลาระหว่าง 10 ms - 1min มีสาเหตุส่วนใหญ่ เกิดขึ้นกับเฟสที่เกิดความผิดปกติทาง ทำให้แรงดันมีค่าลดลงเหลือ 0.2 pu. ของแรงดันปกติ (80% sag) ในช่วงเวลา 3 ไชเคิล

2.2 แรงดันเกินช่วงสั้น (Voltage Swell) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.1-1.8 pu. ในช่วงเวลาระหว่าง 10 ms - 1min มีสาเหตุส่วนใหญ่ จะเกิดขึ้นกับเฟสที่ไม่ได้เกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าโดยตรง หรืออาจเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ ออกจากระบบ หรือมีการต่อคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่เข้าระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย หรือทำให้อุปกรณ์ ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของแหล่งจ่ายไฟมีการทำงานผิดพลาดหรือหยุดการทำงาน

2.3 ไฟดับช่วงสั้น (Voltage Interruption) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีค่าลดลงต่ำกว่า 0.1 pu. ในช่วงระหว่าง 10 ms - 1 min มีสาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออก

3. การเปลี่ยนแปลงแรงดันช่วงระยะยาว (Long Duration Voltage Variation) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าเกิน 1 นาที มีสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานโหลดขนาดใหญ่ ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตก (Undervoltage) แรงดันเกิน (Overvoltage) และไฟดับ (Sustained Interruptions)

3.1 แรงดันตก (Undervoltage) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดลดลงระหว่าง 0.8-0.9 pu. ในช่วงเวลานานกว่า 1 min มีสาเหตุเกิดขึ้นจากผลของการสวิตซ์โหลดขนาดใหญ่เข้าระบบ หรือมีการปลดคาปาซิเตอร์ออกจากระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย เนื่องจากเกิดการรับภาระเกิน (Overload)

3.2 แรงดันเกิน (Overvoltage) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.1-1.2 pu. ในช่วงเวลานานกว่า 1 min มีสาเหตุเกิดขึ้นจากผลของการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ หรือมีการสวิตซ์คาปาซิเตอร์เข้าระบบ หรือการปรับแก้หม้อแปลงไม่เหมาะสมกับระบบผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหายเนื่องจากแรงดันเกิน

3.3 ไฟดับ (Voltage Interruption) คือค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีค่าลดลง 0.0 pu. ในช่วงเวลาเกินกว่า 1 นาที มีสาเหตุเกิดจากสภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออกถาวร

4. แรงดันไม่สมดุล (Voltage Unbalance) คือแรงดันของระบบ 3 เฟสมีขนาดแตกต่างกัน (0.5-2%) หรือมีมุมเปลี่ยนไปจาก 120 องศา เกิดจากความไม่ สมดุลขนาดของโหลดแต่ละเฟส สามารถกำหนดได้จากอัตราส่วนขององค์ประกอบลำดับลบ V2 (Negative Sequence) หรือองค์ประกอบลำดับศูนย์ V0 (Zero Sequence) ต่้องค์ประกอบลำดับบวก V1 (Positive Sequence) ผลทำให้อุปกรณ์เช่นมอเตอร์ หม้อแปลงไฟฟ้ามีอายุการใช้งานน้อยลงเนื่องจากผลความร้อนที่เกิดขึ้น

5. ความผิดเพี้ยนรูปคลื่น (Waveform Distortion) การผิดเพี้ยนของรูปคลื่น คือการเบี่ยงเบนในสภาวะคงตัวของรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ทางกำลังไฟฟ้า และสามารถอธิบายคุณลักษณะได้โดยแยกองค์ประกอบทางความถี่ออกมา

การผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแบ่งออกได้ 5 ชนิด

5.1 องค์ประกอบไฟตรง (DC offset) คือการที่มีกระแสหรือแรงดันไฟตรงปะปนอยู่ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นผลมาจากการใช้อุปกรณ์เรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-wave Rectifier) เป็นผลทำให้เกิดความร้อนและค่ากำลังสูญเสียของหม้อแปลง และอาจจะทำให้เกิดการผุกร่อนของแท่งกราวด์ได้

5.2 ฮาร์โมนิก (Harmonic) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency ในระบบไฟฟ้าเรามีค่า 50Hz) เช่น ฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150Hz ฮาร์โมนิกลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250Hz ผลของฮาร์โมนิกเมื่อรวมกันกับสัญญาณความถี่หลักมูลด้วยทางขนาด (Amplitude) และมุมเฟส (Phase Angle) ทำให้สัญญาณที่เกิดขึ้นมีขนาดเปลี่ยนแปลงและมีรูปสัญญาณเพี้ยน (Distortion) ไปจากสัญญาณคลื่นไซน์ เป็นผลเกิดจากการใช้อุปกรณ์ประเภทที่ไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้อุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามีการทำงาน ผิดพลาดและถ้ามีการขยายของฮาร์โมนิกที่มีขนาดมากพออาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดขึ้นได้

5.3 อินเตอร์ฮาร์โมนิก (Interharmonic) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่ไม่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน (Fundamental Frequency) เช่น มีความถี่ที่ 104Hz , 117Hz , 134Hz , 147Hz ลักษณะการเกิดและผลกระทบจะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮาร์โมนิก

5.4 คลื่นรอยบาก (Notching) คือสิ่งรบกวนทางแรงดันไฟฟ้าลักษณะคล้ายกับฮาร์โมนิกและทรานเซียนต์ที่มีลักษณะต่อเนื่อง เป็นผลเกิดจากใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เมื่อกระแสถูกเปลี่ยนจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่ง ผลทำให้อุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์มีการทำงาน ผิดพลาด

5.5 สัญญาณรบกวน (Noise) คือสัญญาณทางไฟฟ้าที่ไม่ต้องการ จะมีความถี่ต่ำกว่า 200 kHz ปะปนบนสัญญาณแรงดัน หรือกระแสในสายเฟส เป็นผลเกิดจากการต่อลงดินของระบบไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง ที่มีการใช้ประเภทอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์ควบคุมอยู่ในระบบ ผลทำให้อุปกรณ์ ดังกล่าวมีทำงานผิดพลาดหรือไม่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

6. แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) คือการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดไม่เกินช่วงแรงดัน 0.95-1.05 pu. เป็นผลเกิดจากการ

ใช้อุปกรณ์ประเภทเตาหลอมแบบอาร์ค ทำให้เกิดไฟกระพริบ (Flicker) ที่หลอดไฟ และอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ในระบบถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันมาก

7. การแปรเปลี่ยนความถี่กำลังไฟฟ้า (Power Frequency Variation) คือ ปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้า มีค่าเปลี่ยนไปจากค่าความถี่ปกติ 50 Hz เป็นผลเกิดจากการทำงานของผลิตผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่หรือมีการหลุดออกจากระบบ ทำให้มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการทำงานสัมพันธ์กับความถี่ระบบไฟฟ้า เช่น เครื่องกลไฟฟ้า [24]

8. ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) และ ค่าคลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF) โดยพื้นฐานทางไฟฟ้าทั่วไปนั้นค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ Power Factor หรือเรียกย่อๆ ว่า PF. ที่นิยามจากค่า  $\cos \theta$  ของมุมของกระแสและแรงดันที่ความถี่เดียวกันที่เกิดขึ้น ซึ่งความเข้าใจนี้ถูกต้องสำหรับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่มีเฉพาะความถี่มูลฐานเท่านั้น (สำหรับประเทศไทย คือ 50Hz) โดยไม่มีความถี่อื่นหรือฮาร์โมนิกของแรงดันและกระแสมาปะปน เนื่องจากในปัจจุบันโหลดที่มีการใช้งานมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear load) ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในระบบมีส่วนประกอบของกระแสฮาร์โมนิกในปริมาณมาก และเป็นสาเหตุหลักของความเพี้ยนฮาร์โมนิกในขณะเดียวกัน ดังนั้นการนิยามหรือการคำนวณค่า Power Factor ของระบบที่มีปริมาณฮาร์โมนิกในระดับสูงจึงไม่สามารถใช้เฉพาะค่า  $\cos \theta$  มาระบุค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ได้ ในการประเมินค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ของระบบที่มีแรงดันและกระแสฮาร์โมนิก การระบุค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) จะระบุในรูปของ Total Power Factor

$$\text{Total Power Factor} = \frac{P}{S_1} \times \frac{1}{\sqrt{1+\text{THD}_i^2} \times \sqrt{1+\text{THD}_v^2}} \quad (2.1)$$

โดย  $P$  = active power (W)

$S_1$  = fundamental apparent power (VA)

$\text{THD}_i$  = current total harmonic distortion

$\text{THD}_v$  = voltage total harmonic distortion

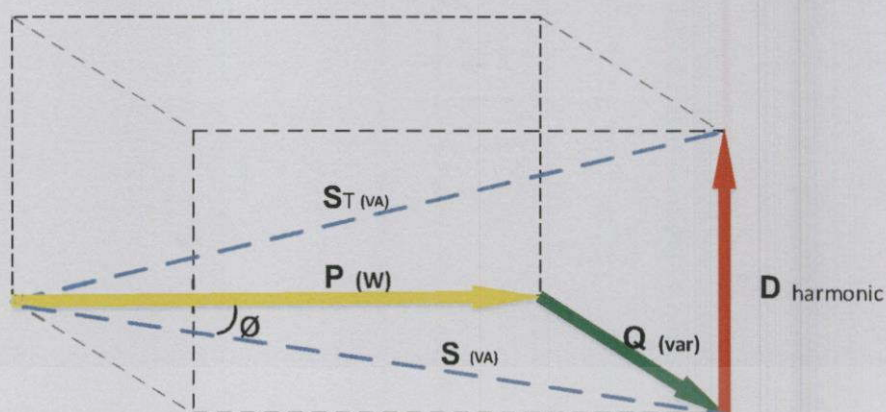
กรณีไม่มีแรงดันฮาร์โมนิก ( $\text{THD}_v = 0$ ) โดยมีเฉพาะกระแสฮาร์โมนิกในระบบ

$$\text{Total Power Factor} = \cos \theta_1 \times \frac{1}{\sqrt{1+\text{THD}_i^2}} \quad (2.2)$$

โดยที่  $\cos \theta_1$  = Displacement PF

$\frac{1}{\sqrt{1+\text{THD}_i^2}}$  = Distortion PF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง ในกรณีนี้สามารถแทน  $P/S_1$  ด้วย  $\cos \theta_1$  ได้ เราเรียกค่านี้ว่า ค่าคลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF) โดย  $\theta_1$  คือมุมที่เกิดขึ้นขอ กระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 1 (fundamental current) [25]



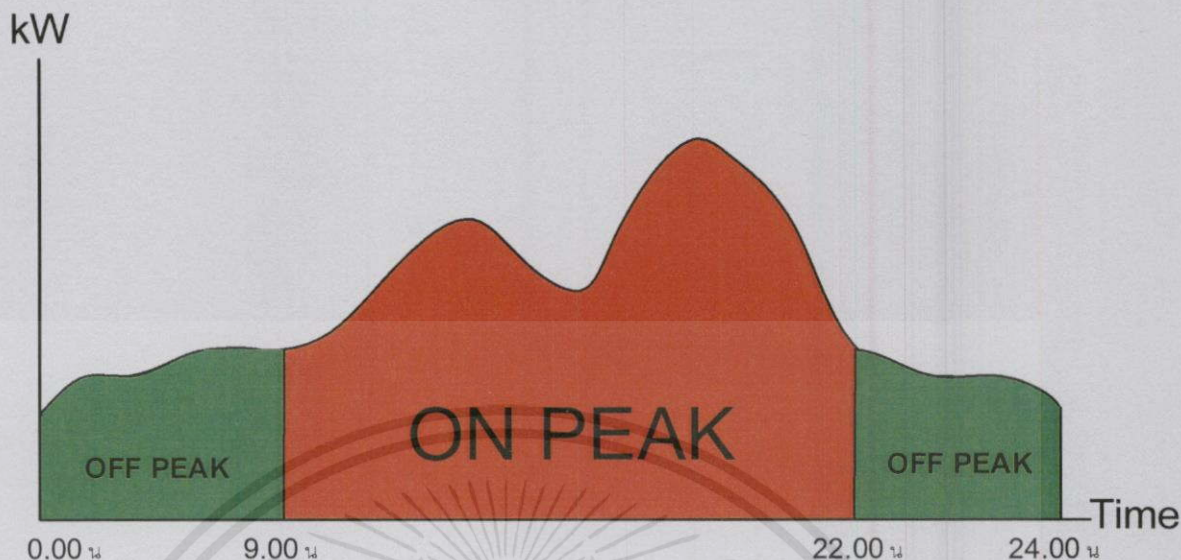
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) และ ค่าตลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF)

จากที่กล่าวมา การแก้ไขปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ได้ผลสูงสุด จะต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างกิจการไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อให้การแก้ไขเป็นไปในแนวทางเดียวกันสิ่งแรกที่ควรทำคือ ความเข้าใจของคำจำกัดความ ลักษณะของการเกิด และผลกระทบปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าในเบื้องต้นและหวังว่าบทความนี้อาจจะเป็นประโยชน์สำหรับการนำมาศึกษาเพิ่มเติมเพื่อจะทำการวิเคราะห์ แก้ไข และปรับปรุงทำให้ระบบการจ่ายไฟฟ้าในบ้านเรามีคุณภาพดียิ่งขึ้น

## 2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

อัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า (Time of Use Rate : TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด คือ ค่าไฟฟ้าจะสูงในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) ตั้งแต่เวลา 9.00 - 22.00 นาฬิกา ของวันทำการ และค่าไฟฟ้าจะต่ำในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) ตั้งแต่เวลา 22.00 - 9.00 นาฬิกา ของวันทำการรวมทั้งวันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดราชการ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ตลอดทั้งวัน ทำให้การใช้ไฟฟ้ามีการกระจายในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) มากขึ้น และลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุดลง ซึ่งจะช่วยให้ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลดลง และผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้ประโยชน์จากการจ่ายไฟฟ้าที่ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กราฟช่วงเวลา On/Off Peak

1. ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) : ระหว่างเวลา 09.00 -22.00 นาฬิกา วันจันทร์-ศุกร์
2. ช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) : ระหว่างเวลา 22.00 -09.00 นาฬิกา วันจันทร์-ศุกร์ และ ช่วงเวลาระหว่าง 00.00-24.00 ของวันเสาร์-อาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

โครงสร้างค่าไฟฟ้า ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ค่าไฟฟ้าฐาน

สะท้อนต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง ระบบจำหน่าย และ ค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้า ภายใต้สมมุติฐานความต้องการใช้ไฟฟ้า ราคาเชื้อเพลิง อัตราแลกเปลี่ยน และอัตราเงินเฟ้อ ระดับหนึ่ง โดยมีส่วนประกอบตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.4 ค่าไฟฟ้าฐานของกิจการแต่ละประเภท

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าความต้องการพลัง ไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)	ค่า PF (บาท/กิโลวาร์)
ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย	✓	-	✓	-
ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก	✓	-	✓	-
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 6 องค์กรไม่แสวงหากำไร	✓	✓	✓	-
ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร	✓	✓	✓	-
ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว	✓	-	✓	-

### 2. ค่า Ft

ค่า Ft หมายถึง ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง ค่าซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และค่าใช้จ่ายตามนโยบายภาครัฐ ที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับที่กำหนดไว้ในค่าไฟฟ้าฐาน ค่า Ft มีการปรับปรุงทุก ๆ 4 เดือน

### 3. ภาษีมูลค่าเพิ่ม

นอกจากค่าไฟฟ้าฐาน และค่า Ft ดังกล่าวแล้ว ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระ ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT ร้อยละ 7) รวมกับค่าไฟฟ้าฐาน และค่า Ft ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

## ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าปกติ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

อัตราค่าไฟฟ้าปกติ		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1. ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			
15 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 1 - 15)	1.8632	8.19
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 - 25)	2.5026	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 - 35)	2.7549	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	3.1381	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 - 150)	3.2315	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	
2. ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	2.7628	38.22
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

## ตารางที่ 2.6 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1. แรงดัน 12-24 กิโลวัตต์	4.5827	2.1495	312.24
2. แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลวัตต์	5.2674	2.1827	38.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ตารางที่ 2.7 อัตราค่าไฟฟ้าปกติ ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

อัตราค่าไฟฟ้าปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1. แรงดัน 12 – 24 กิโลโวลท์	3.4230	228.17
2. แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์		46.16
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

ตารางที่ 2.8 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1. แรงดัน 12 – 24 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495	312.24
2. แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827	46.16

### ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 อัตราค่าไฟฟ้าปกติ ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

อัตราค่าไฟฟ้าปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1. แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	2.6506	312.24
2. แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	196.26	2.6880	
3. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	221.50	2.7160	

ตารางที่ 2.10 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	Peak	Off Peak	
1. แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	3.5982	2.1572	312.24
2. แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	0	3.6796	2.1760	
3. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	0	3.8254	2.2092	

#### ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 อัตราค่าไฟฟ้าปกติ ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

อัตราค่าไฟฟ้าปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Partial	Off Peak		
1. แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	2.6506	312.24
2. แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	2.6880	
3. แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	2.7160	

ตารางที่ 2.12 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	Peak	Off Peak	
1. แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	3.5982	2.1572	312.24
2. แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	132.93	0	3.6796	2.1760	
3. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	0	3.8254	2.2092	

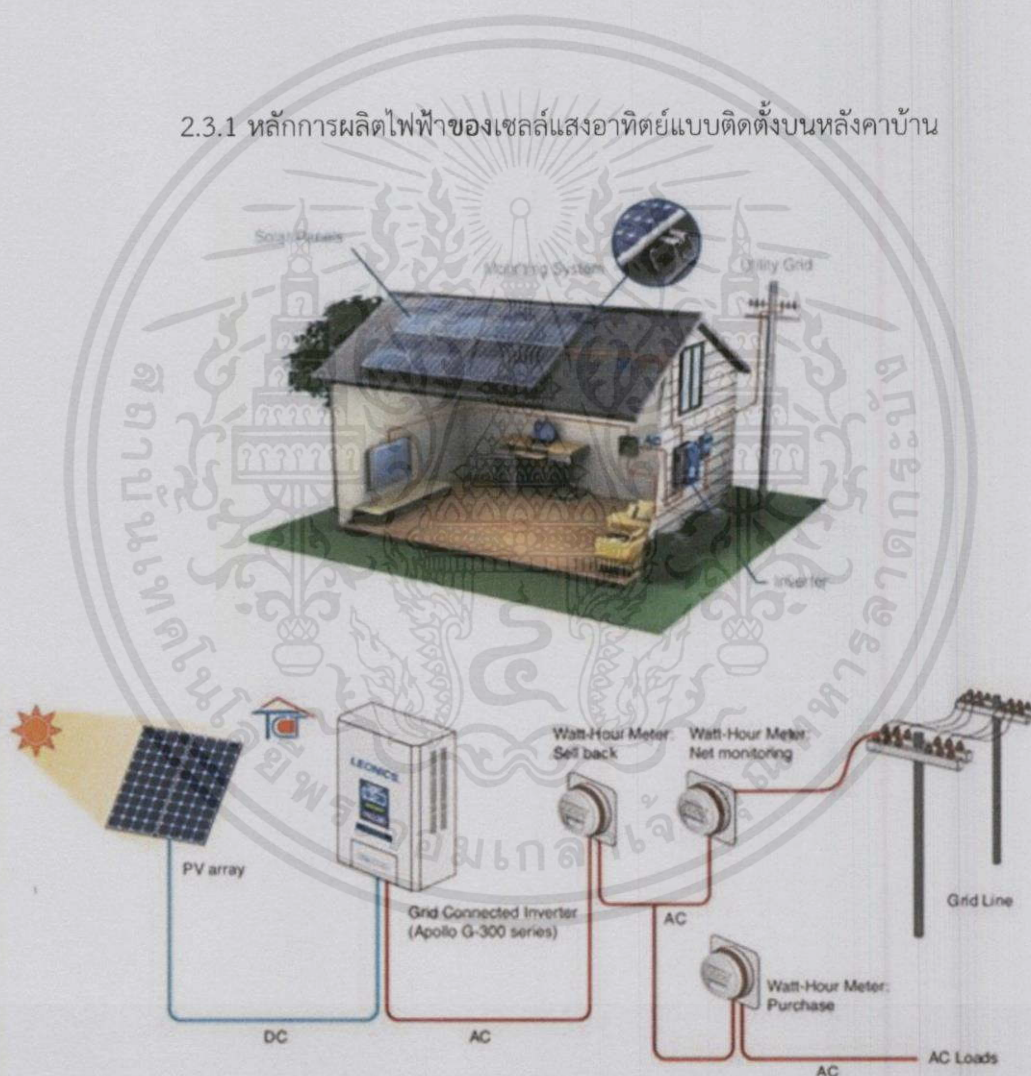
การที่จะลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า สามารถทำได้โดยใช้หลักง่าย ๆ คือหลีกเลี่ยงการใช้งานอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในเวลาที่มีการคิดอัตราค่าพลังไฟฟ้าต่อหน่วยมีค่าสูงจึงได้มีการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการที่จะลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า เพื่อลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) ผลที่ได้ตามมา คือ การช่วยลดต้นทุนที่มีมูลค่าสูงสำหรับการจัดหาและผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และทำให้ชะลอการลงทุน ของการไฟฟ้า ซึ่งจะส่งผลดี อย่างต่อเนื่องทำให้ค่าไฟฟ้านลดลง ช่วยลดต้นทุนในการผลิตแก่ผู้ประกอบการ และเป็นการกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof) หมายถึง ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาบ้านที่อยู่อาศัยหรือบนอาคารต่างๆ สามารถผลิตไฟฟ้าใช้ได้เองภายในบ้าน, อาคารหรือโรงงาน โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วจ่ายเป็นไฟกระแสตรง (DC) ให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดเชื่อมต่อกับสายส่ง (Grid tie Inverter) แล้วแปลงไฟกระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟกระแสสลับ (AC 220V 50Hz) เราก็จะได้กระแสไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็น ทีวี พัดลม ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ ฯลฯ

### 2.3.1 หลักการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาบ้าน



รูปที่ 2.4 การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาบ้าน

(ที่มา : <http://www.energy-techno.com/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเวลากลางวัน ระบบโซลาร์รูฟจะผลิตกระแสไฟฟ้าโดยจะต่อร่วมกับไฟของการไฟฟ้า การทำงานของระบบจะใช้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบโซลาร์รูฟมาใช้ก่อน กรณีที่ใช้ไฟเยอะเกินกว่าที่ระบบโซลาร์รูฟผลิตได้ ระบบก็จะดึงกระแสไฟฟ้าจากสายส่ง การไฟฟ้าเข้ามาช่วยจ่ายพลังงาน ส่วนกรณีใช้ไฟน้อยระบบก็จะทำการจ่ายคืนกระแสไฟฟ้าที่เกินความต้องการเข้าสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (มิเตอร์จะหมุนกลับทิศ) ทำให้ช่วยลดค่าไฟฟ้าลงได้ (ในกรณี Solar Roof โครงการขายไฟ จะมีมิเตอร์ขายไฟอีกตัวแยกต่างหาก)

ในเวลากลางคืน จะไม่มีแสงอาทิตย์ระบบก็จะหยุดการทำงาน เราจะใช้ไฟจากการไฟฟ้าได้อย่างเดียว(ทำให้ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน) เมื่อสว่างมีแสงอาทิตย์ระบบก็จะเริ่มทำงานผลิตไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ระบบจะตัดการทำงานเมื่อมีไฟฟ้าดับ ในกรณีที่ไฟฟ้าดับเครื่องแปลงกระแส(Grid Inverter) จะตัดการทำงานของระบบโดยอัตโนมัติ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้าไปในบ้านและสายไฟของการไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ๆจะมาทำการซ่อมบำรุง ดังนั้นจะไม่สามารถนำไฟฟ้าจะเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ได้เมื่อไฟฟ้าดับ โดยการทำงานแบบนี้จะเป็นมาตรฐานที่ใช้กันทั่วโลกเหมือนกันหมด

### 2.3.2 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

#### 1. ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก

#### 2. อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คือ เครื่องมือที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) จากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) แปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของ อินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ แผงโซลาร์เซลล์จะผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาในรูปแบบของไฟกระแสตรง (Direct Current) แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยโดยส่วนใหญ่ เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กับไฟกระแสสลับเป็นหลัก ดังนั้นการที่จะทำให้ไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ให้ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปได้ ก็ต้องมีตัวแปลงกระแสไฟฟ้าเสียก่อน

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์คือจะรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปสู่ตัวเครื่องอินเวอร์เตอร์ ไม่ว่าจะการผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์แล้วส่งไปที่ควบคุมกระแส หรือไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ก็ตาม หลังจากนั้นจะผ่านวงจรไฟฟ้าภายในตัวอินเวอร์เตอร์ที่ประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันให้สลับกันไปมาระหว่างความต่างศักย์ที่เป็นบวกและลบจนได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่เป็นไฟกระแสสลับโดยมีจำนวนครั้งที่สลับไปมาเท่ากับ 100-120 ครั้งต่อวินาที (ความถี่ 50-60 เฮิร์ตส) แล้วแต่การออกแบบวงจรภายใน โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผลิตและใช้กันอยู่ในประเทศไทยโดยทั่วไป มีแรงดันไฟกระแสสลับอยู่ที่ 220-230 โวลท์ (V) ความถี่ 50 เฮิร์ตส (Hz)

โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์จะแบ่งแยกตามระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ซึ่งมีอยู่ 2 แบบใหญ่ๆด้วยกัน ได้แก่

1) อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบสแตนด์ออลน (Stand-Alone System) หรือระบบอิสระที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับการไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์แบบนี้จะมีหลักการทำงานเบื้องต้นที่กล่าวไปคือ รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ หรือไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่(เวลากลางคืนจากพลังงานที่ชาร์จไว้โดยแผงโซลาร์เซลล์ในเวลากลางวัน) แล้วแปลงเป็นไฟกระแสสลับจ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป

2) อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบออนกริด (On-grid System) หรือระบบที่ทำงานสัมพันธ์กับการไฟฟ้า มีชื่อเรียกอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้โดยทั่วไปว่า กริดไทน์อินเวอร์เตอร์ (Grid-Tied Inverter) ลักษณะการทำงานของอินเวอร์เตอร์ระบบนี้จะเหมือนกับอินเวอร์เตอร์โดยปกติทั่วไปแต่จะต้องมีแรงดันไฟกระแสสลับจากการไฟฟ้าป้อนให้กับอินเวอร์เตอร์อีกทางหนึ่งด้วย ตัวอินเวอร์เตอร์แบบนี้ถึงจะทำงาน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์จะถูกใช้ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน ถ้าใช้ไฟฟ้ามามากกว่าที่ผลิตได้อินเวอร์เตอร์ก็จะดึงไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเข้ามาจ่ายให้เพิ่มเติม

แต่ถ้าแผงโซลาร์เซลล์ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าที่ใช้ภายในบ้าน ไฟฟ้าก็จะถูกขายให้กับการไฟฟ้าต่อไป (ระบบขายไฟฟ้าคืนให้การไฟฟ้า-VSP) กริดไทน์อินเวอร์เตอร์ในปัจจุบันจะตัดการทำงานตัวมันเองทันทีที่ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าดับเพื่อป้องกันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ผ่านไปยังสายไฟของการไฟฟ้าซึ่งเป็นอันตรายต่อช่างไฟฟ้าที่จะมาซ่อมได้

### ข้อดีของระบบกริดไทน์อินเวอร์เตอร์ (Grid tie Inverter)

- ไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่หรืออุปกรณ์ควบคุมการชาร์จในการเก็บพลังงานไฟฟ้า
- ใช้พลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างคุ้มค่า (พลังงานที่เหลือจ่ายคืนให้กับระบบการไฟฟ้า)
- เหมาะสำหรับบ้าน ที่มีไฟฟ้าเข้าถึงอยู่แล้ว แต่ต้องการใช้พลังงานทดแทนเพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และประหยัดการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

รูปแบบของรูปคลื่น แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แปลงได้จากตัวอินเวอร์เตอร์ จะมีรูปแบบของลูกคลื่นที่ผลิตได้อยู่สองแบบใหญ่ๆด้วยกัน

1) รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม อีกรูปแบบที่ใกล้เคียงกับรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งจุดที่เปลี่ยนระหว่างคลื่นบวกกับลบจะมีความชันน้อยกว่า ส่วนใหญ่แล้วจะเจอกับอินเวอร์เตอร์ที่มีราคาถูก หาซื้อได้โดยทั่วไป อินเวอร์เตอร์ที่มีแรงดันขาออกเป็นแบบสองลูกคลื่นนี้จะนำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ค่อยมีผลกับรูปแบบของลูกคลื่นมากนักเช่นหลอดไฟ เป็นต้น แต่ถ้านำไปใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของเส้นลวดพัน เช่นมอเตอร์พัดลม จะทำให้เกิดเสียงอัมและความร้อนจากตัวมอเตอร์ ส่งผลให้มอเตอร์เสียหายได้ เนื่องจากรูปแบบลูกคลื่นไม่สอดคล้องหลักการทำงานภายในของตัวมอเตอร์นั่นเอง

2) รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) หรือที่เรียกตามทั่วไปคือ เพียวไซน์ (Pure-Sine Wave) อินเวอร์เตอร์ที่ผลิตรูปคลื่นแบบนี้ออกมาจะมีราคาที่สูงกว่า เพราะรูปคลื่นไซน์จะรองรับการนำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทุกชนิดโดยไม่ทำให้เกิดปัญหา และมีรูปร่างของคลื่นที่ผลิตได้เหมือนกับรูปคลื่นไฟฟ้าตามบ้านทุกประการ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

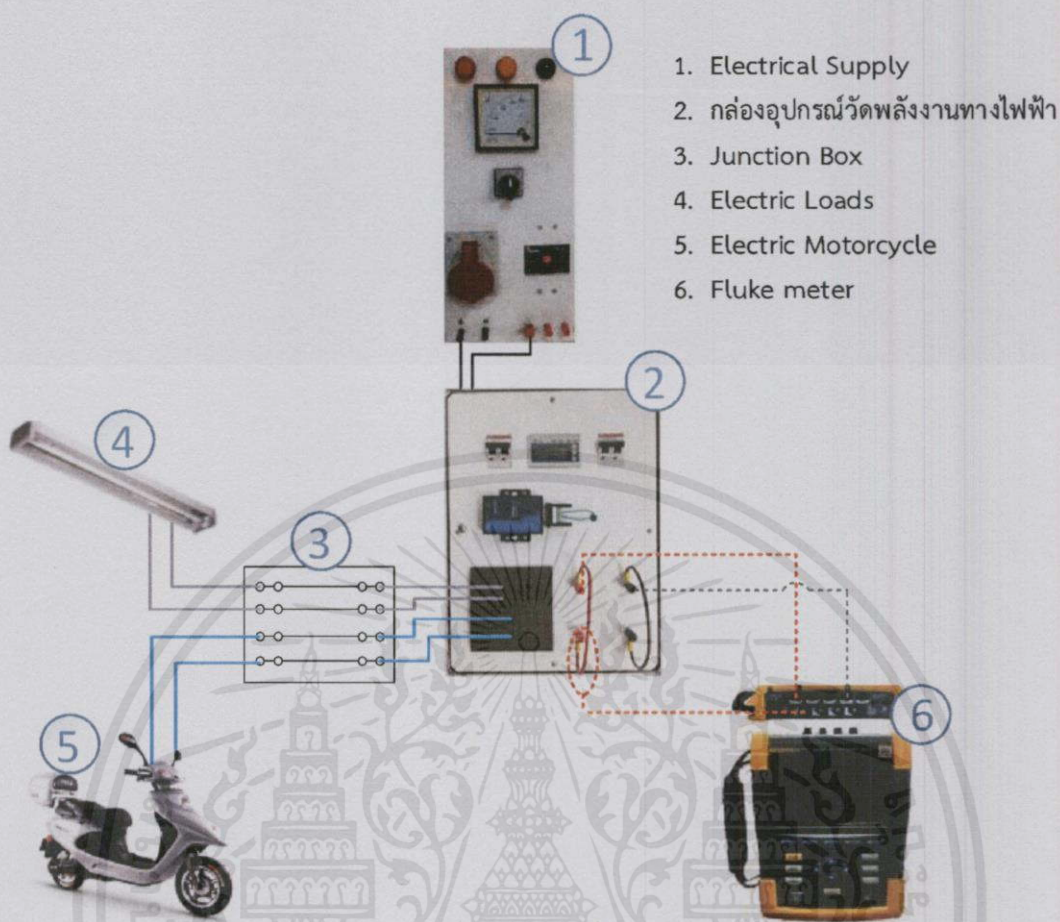
#### การออกแบบการจำลองซาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การคิดค่าไฟฟ้าในปัจจุบันซึ่งรับพลังงานจากการไฟฟ้ามีด้วยกันอยู่หลายแบบโดยการคิดอัตราไฟฟ้าด้วยอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภคทางไฟฟ้าในการใช้บริการไฟฟ้า ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าแบบที่โอยู มีการคิดค่าไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลาในราคาที่แตกต่างกันตามที่กล่าวไปข้างต้น ดังนั้นการซาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้ากับระบบดังกล่าวในช่วงเวลาที่มีการคิดค่าไฟฟ้าที่มากกว่าปกติ จะทำให้ผู้บริโภคต้องใช้จ่ายในราคาที่สูง และ เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถซาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าในราคาที่ลดลง จึงจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถเป็นไปได้ในการติดตั้งแก่ผู้บริโภคคือ พลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาในการออกแบบชุดการทดลองจำลองซาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าและมีการรับพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำไปคำนวณการคิดค่าไฟฟ้าและศึกษาพฤติกรรมของโหลดในระบบข้างเคียงหลังจากการซาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อดูคุณภาพไฟฟ้าของระบบต่อไป

#### 3.1 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในชุดการทดลอง

การสร้างวงจรเพื่อทำการทดลองการคิดค่าไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าด้วยอัตราตามช่วงเวลาของการใช้โดยแสดงใน รูปที่ 3.1 ซึ่งแบบจำลองจะทำการรับแรงดันไฟฟ้าจากห้องปฏิบัติการทดลองเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าแก่อุปกรณ์ที่มาต่อกับชุดการทดลอง โดยมีอุปกรณ์ป้องกันคือเซอร์กิตเบรกเกอร์ 2 ตัว ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์มิเตอร์วัดพลังงานทางไฟฟ้าและโหลดที่ต่อกับชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสารนิพนธ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงวงจรการทดลอง

โดยหมายเลขแต่ละจุด แสดงอุปกรณ์ในการทดลอง ดังต่อไปนี้

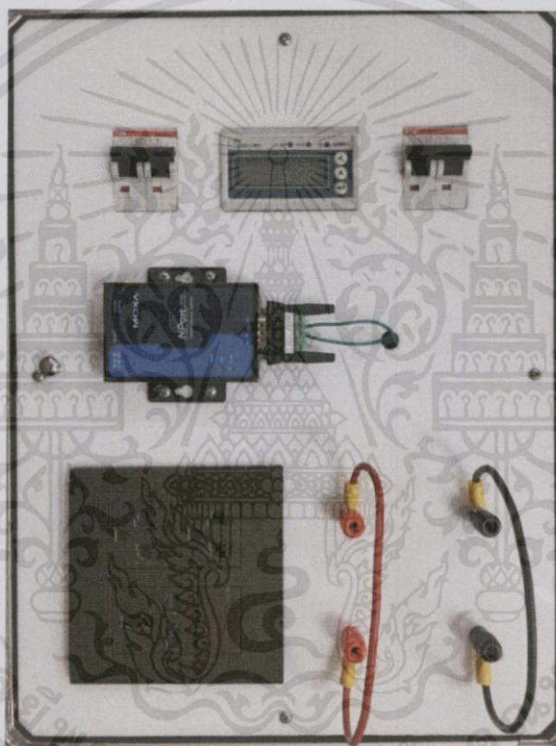
1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากห้องปฏิบัติการ
2. ก่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า
3. จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Junction box)
4. โหลดตัวอย่างทางไฟฟ้า
5. รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า
6. อุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้า (Fluke Meter)

### 3.1.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ในห้องปฏิบัติการจะการจ่ายมีแรงดันไฟฟ้าคงที่ขนาด 220 โวลต์ ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต เข้ามาในก่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถจ่ายโหลดได้ทุกการทดลอง และยังมี การก้า "ไม่ว่ากรณี ษุดอุปกรณ์ป้องกันในตัวแหล่งจ่ายเองด้วย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

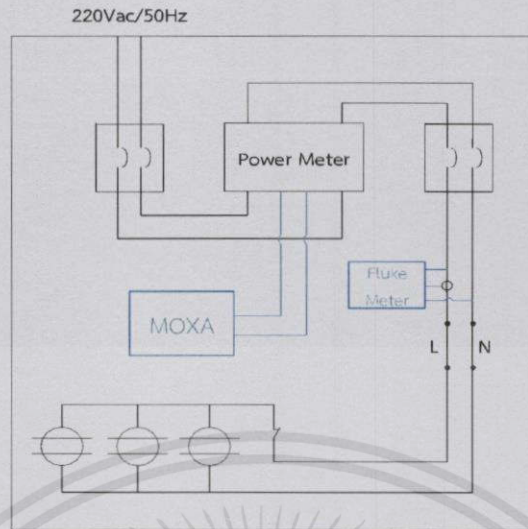
### 3.1.2 กล่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า

กล่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้าในทางชุดการทดลองนี้จะใช้ ดิจิตอลวัตต์ฮาวมิเตอร์ ซึ่งสามารถวัดแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า รวมไปถึงเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของโหลดที่ต่ออยู่กับชุดการทดลองโดยดิจิตอลวัตต์ฮาวมิเตอร์นี้จะสามารถอ่านค่าได้ที่หน้าจอเพื่อดูค่าพารามิเตอร์ขณะนั้น หรือ สามารถนำพารามิเตอร์ที่วัดได้มาพล็อตกราฟเทียบกับแกนเวลาโดยเชื่อมต่อชุดอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้ากับคอมพิวเตอร์ โดยมีซอฟต์แวร์อุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า (MOXA) ในการจ่ายไฟเลี้ยง ในกล่องนี้ได้ใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันไฟเกินหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เพื่อความปลอดภัยอีกด้วย

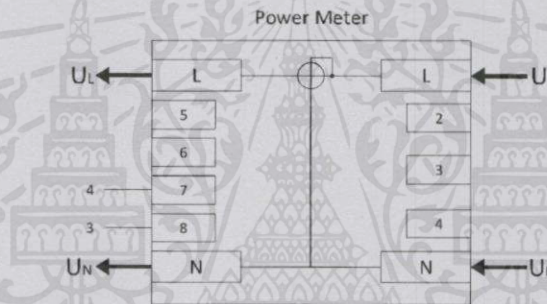


รูปที่ 3.2 กล่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคำนำไปใช้



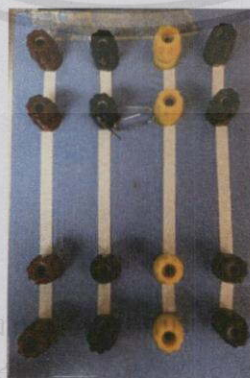
รูปที่ 3.3 วงจรของกล่องอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 วงจรภายในตัว Power Meter

### 3.1.3 จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Junction box)

จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้านี้จะเป็นจุดที่โหลดตัวอย่าง และโหลดจกกรยานยนต์ ไฟฟ้าต่อรวมกันซึ่งอาจจะต่อมาจากอุปกรณ์ที่ผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือไม่ผ่านเซอร์กิตเบรกเกอร์มาก็ได้



รูปที่ 3.5 จุดเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Junction box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก... เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 โหลดตัวอย่างทางไฟฟ้า

เนื่องจากต้องการศึกษาการคิดค่าไฟฟ้าจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในวงจรซึ่งมีโหลดพื้นฐานอยู่แล้วดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีโหลดในวงจรเดิมเพื่อศึกษาผลกระทบเมื่อมีการใช้โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมในวงจร ทั้งด้านพลังงานไฟฟ้าและคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ได้ส่งผลต่อโหลดพื้นฐาน ในการทดลองจะใช้โหลดชนิดเชิงเส้นคือหลอดไส้ และโหลดแบบไม่เป็นเชิงเส้นคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

### 3.1.5 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในขณะที่วงจรมีการใช้โหลดพื้นฐานอยู่จะทำให้เกิดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่น่าสนใจ ซึ่งแน่นอนว่าจะทำให้ต้องการพลังงานทางไฟฟ้ามากขึ้นแต่จะมากขึ้นเพียงใด และ ยังส่งผลกระทบต่อด้านคุณภาพทางไฟฟ้าต่อโหลดทางไฟฟ้าข้างเคียงด้วย



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.6 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง (ก) และอุปกรณ์ชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า (ข)

### 3.1.6 อุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้า (Fluke Meter)

นอกจากการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณโดยเกิดจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแล้ว ยังจำเป็นต้องศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าด้วย โดยปัญหาคุณภาพทางไฟฟ้าจะทำให้โหลดในวงจรไฟฟ้านั้นทำงานได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพหรืออาจเกิดความเสียหายได้ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพไฟฟ้าไม่สามารถอ่านได้ด้วยอุปกรณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้า เราจึงนำอุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้ามาทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์วัดคุณภาพทางไฟฟ้า (Fluke Meter)

### 3.2 การเลือกโหลดในวงจรเมื่อต้องร่วมกับการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การทดลองที่จะศึกษาค่าไฟฟ้าและผลกระทบจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าด้วยการจำลองเหตุการณ์เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าอยู่ในที่อยู่อาศัยหรือโรงงานอยู่แล้วหากมีการต่อโหลดจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไปเพิ่มในวงจรจะเกิดผลกระทบอะไรบ้าง โดยเราจะแบ่งโหลดเป็นสองชนิดดังนี้

#### 3.2.1 โหลดเชิงเส้น

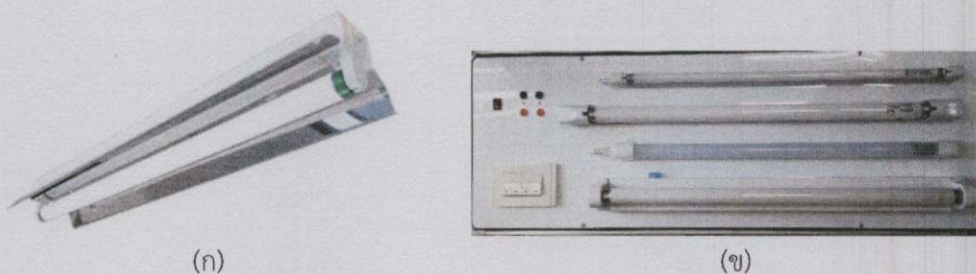
การจำลองโหลดระหว่างชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีนี้ นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวันโดยลักษณะของโหลดที่อยู่ในวงจรร่วมกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอาจจะเป็นโหลดเชิงเส้นซึ่งจะมีค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์เท่ากับ 1 ได้แก่ เตาไรต์ หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น การศึกษากรณีนี้จึงนำหลอดไฟฟ้าแบบไส้มาเป็นตัวอย่งการทดลอง



รูปที่ 3.8 โหลดเชิงเส้น (ก) และ แผงโหลดเชิงเส้น (ข)

#### 3.2.2 โหลดไม่เป็นเชิงเส้น

การจำลองโหลดระหว่างชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีนี้ก็สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตประจำวันเช่นกัน โดยโหลดไม่เป็นเชิงเส้นได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น อาจจะมีค่าไฟฟ้าจากการคิดมิเตอร์ด้วยอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ที่แตกต่างกัน หรืออาจจะมีค่าคุณภาพทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วย



(ก)

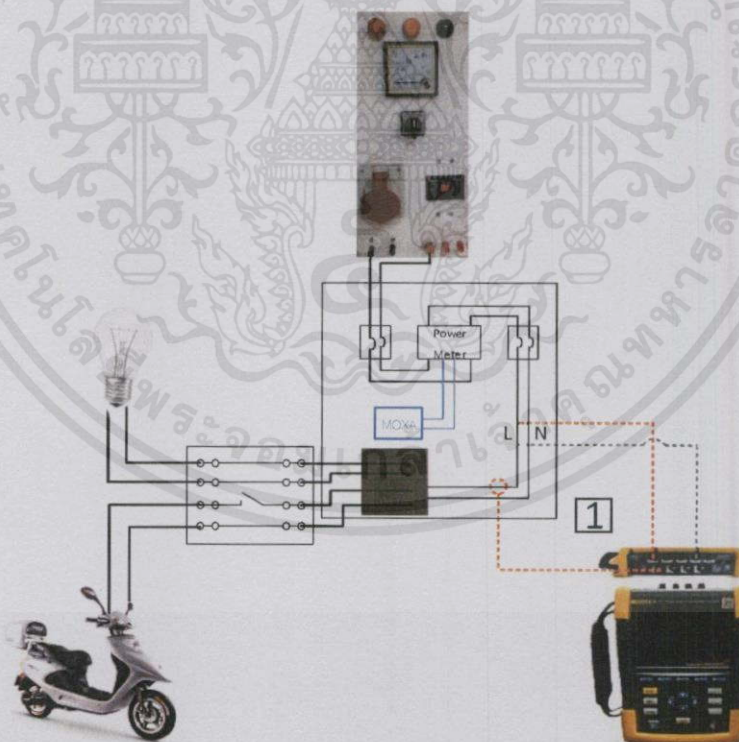
(ข)

รูปที่ 3.9 โหลดไม่เป็นเชิงเส้น (ก) และ แผงโหลดไม่เป็นเชิงเส้น (ข)

### 3.3 การแยกวงจรระหว่างโหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

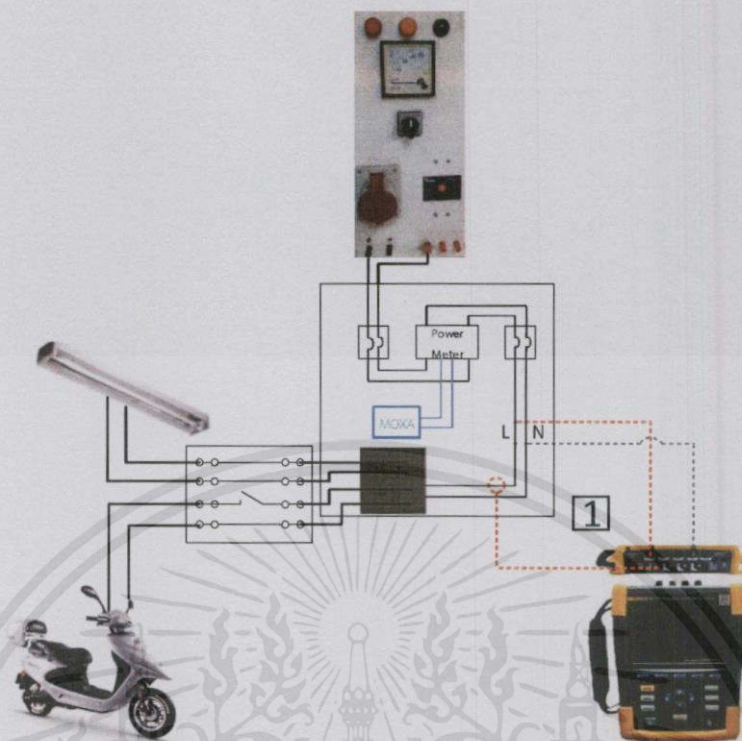
#### 3.3.1 โหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

เป็นการศึกษาผลกระทบทางด้านพลังงานไฟฟ้าและคุณภาพทางไฟฟ้า โดยมีโหลดเชิงเส้นและโหลดไม่เป็นเชิงเส้น ทำงานในสภาวะปกติและเมื่อมีการทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในวงจรเดียวกับโหลดตัวอย่างทั้งโหลดเชิงเส้น และโหลดไม่เป็นเชิงเส้นว่ามีรูปคลื่นและฮาร์มอนิกอย่างไร โดยวัดพารามิเตอร์ที่จุดที่ 1 ตามรูปภาพที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.10 วันไลน์ไดอะแกรมของโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าในวงจรเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

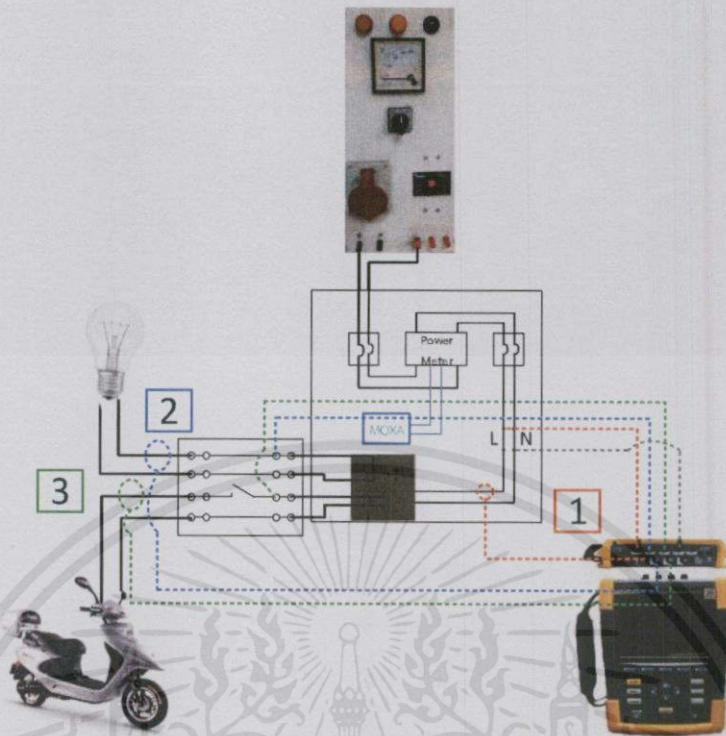


รูปที่ 3.11 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจํกรยานยนต์ไฟฟ้าในวงจรเดียวกัน

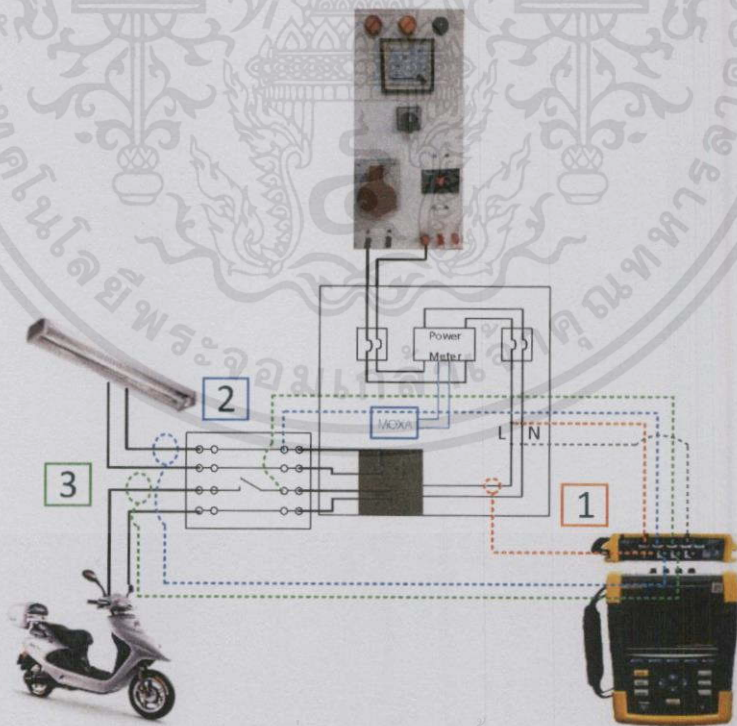
### 3.3.2 โหลดตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าต่อแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

ศึกษาผลกระทบทางด้านพลังงานไฟฟ้าและคุณภาพกำลังไฟฟ้าโดยทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์กับโหลดตัวอย่างว่ามีรูปคลื่นและฮาร์มอนิกอย่างไรซึ่งทำการวัดพารามิเตอร์ที่จุด 1,2,3 ตามลักษณะที่แสดงในรูปที่ 3.12 และ 3.13 โดยกรณีนี้ทำเพื่อเปรียบเทียบกับกรณี 3.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

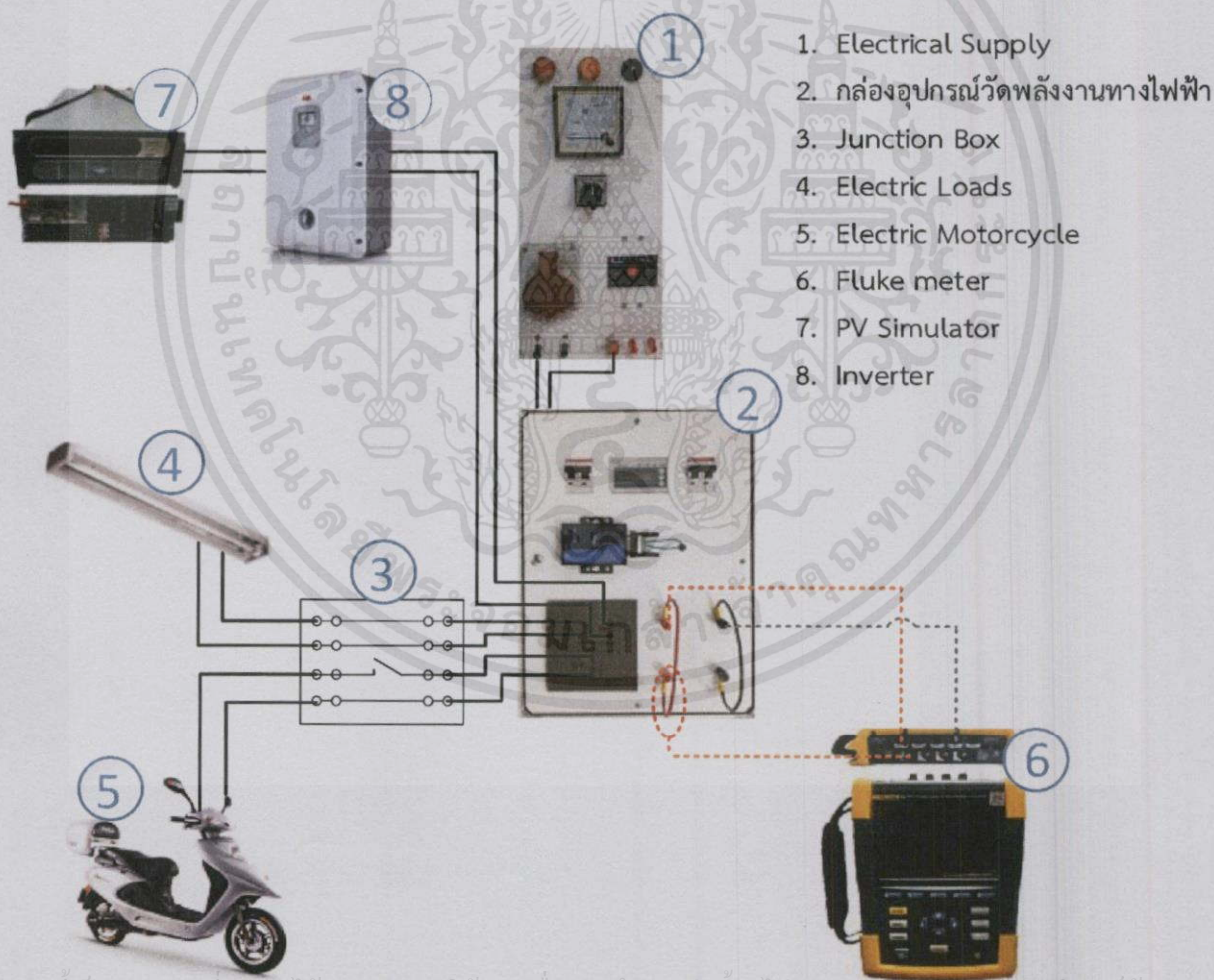


รูปที่ 3.13 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... มาตรการนี้เป็นการ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง... แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์... ของเอกสารทุกครั้งที่มีควารนำไปใช้

### 3.4 การติดตั้งชุดพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์เพื่อช่วยจ่ายกับระบบไฟฟ้า

เนื่องจากการคิดค่าไฟฟ้าด้วยอัตราที่โอยุ่จะมีการคิดราคาที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา ดังนั้นการใช้พลังงานทดแทนช่วยจ่ายแทนในช่วงเวลาที่ราคาสูงจะช่วยในการลดค่าใช้จ่ายหากมีการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบ ทั้งนี้ยังทำการศึกษาคุณภาพไฟฟ้าที่ระบบพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ขณะจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าด้วย โดยจะต้องมีชุดจำลองพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ และ ชุดอินเวอร์เตอร์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ โดยจะทำการวัดทุกกรณีที่ผ่านมาทุกกรณีทั้งโหลดตัวอย่างเป็นโหลดเชิงเส้น และ โหลดไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งเป็นได้ทั้งกรณีโหลดตัวอย่างกับจักรยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในเบรกเกอร์เดียวกันและแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยหมายเลขที่เขียนกำกับไว้คือจุดที่ทำการวัด เมื่อมีการต่อชุดพลังงานทดแทนร่วมด้วย โดยจะวัด 5 จุด คือ ก่อนเข้ามิเตอร์ , ไฟที่มาจาก PV Simulator , หลัออกจากมิเตอร์ , โหลดไม่เป็นเชิงเส้น และ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ดังรูปภาพแสดงที่ 3.14 , 3.15 , 3.16 และ 3.17



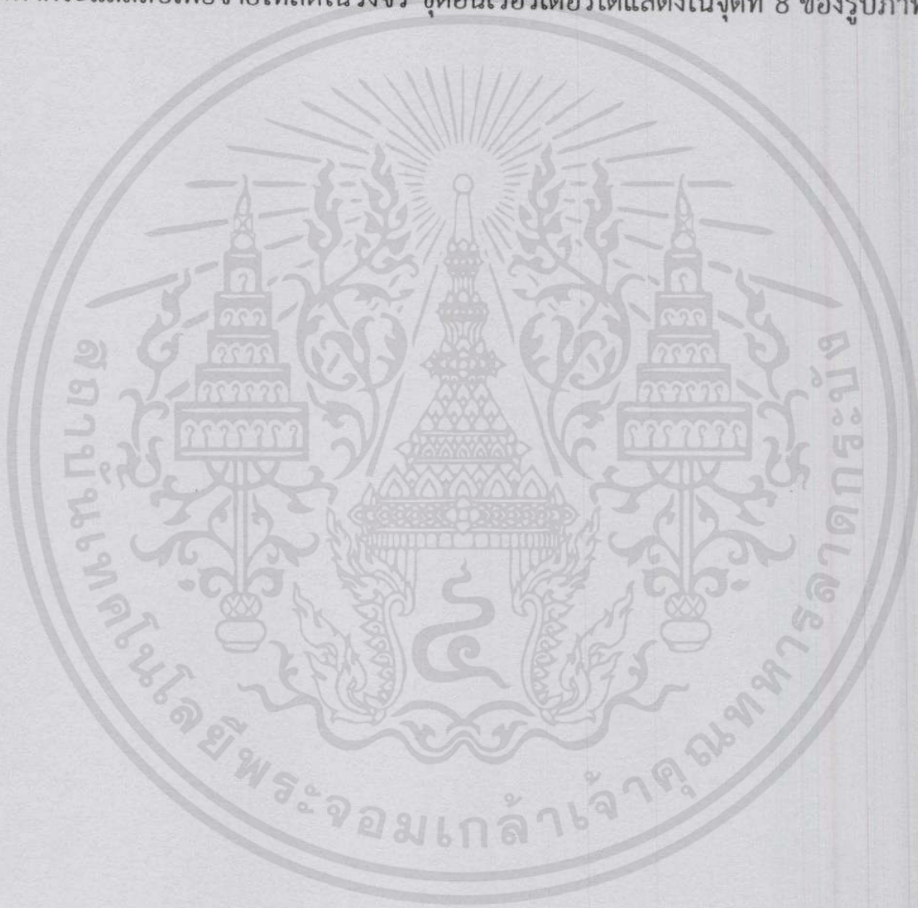
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.14 แผนภาพวงจรการทดลองโดยมีชุดพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์

### 3.4.1 เครื่องจำลองพลังงานทดแทนแสงอาทิตย์ (PV Simulator)

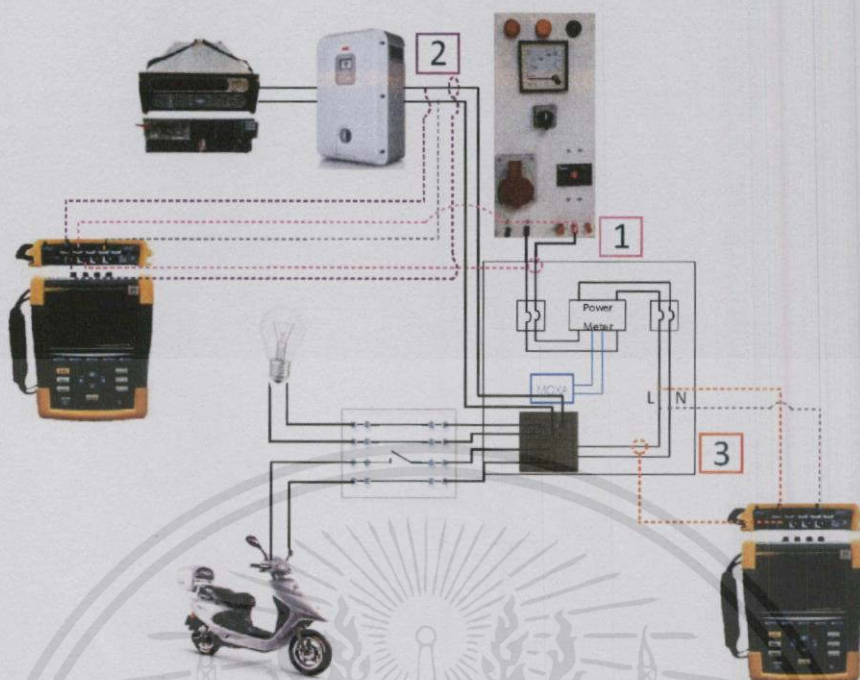
เป็นอุปกรณ์ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับระบบไฟฟ้าโดยจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ก่อนจะเข้าระบบไฟฟ้าเพื่อช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้โหลดในวงจรและหากกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่าโหลดที่ต่ออยู่ ยังสามารถช่วยการไฟฟ้าในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย โดยแผงจำลองพลังงานแสงอาทิตย์ได้แสดงโดยจุดที่ 7 ของรูปภาพที่ 3.14

### 3.4.2 อินเวอร์เตอร์

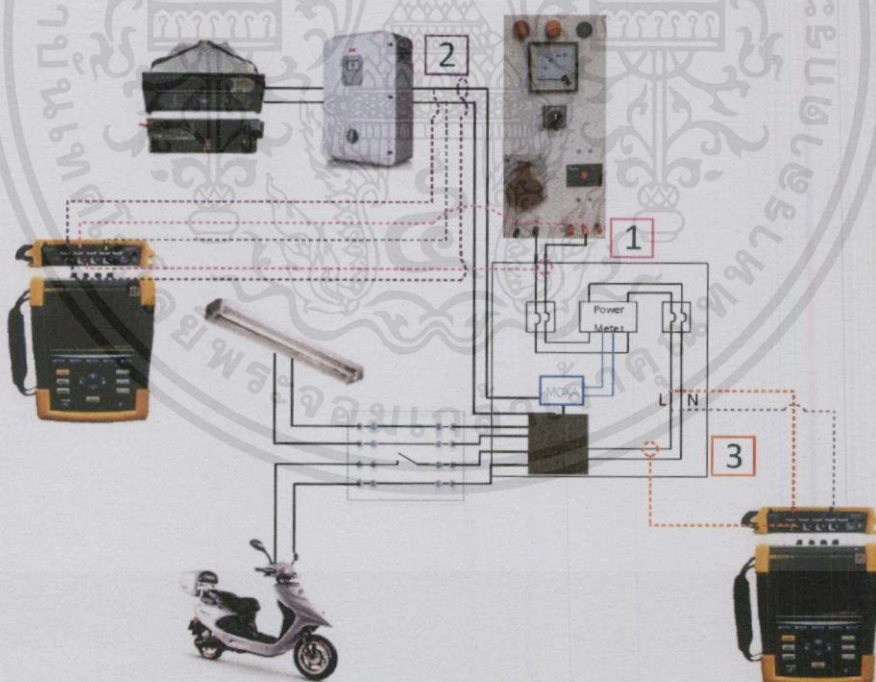
เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผลิตมาได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แต่ระบบไฟฟ้าที่ต่อกับโหลดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจึงต้องมีชุดอินเวอร์เตอร์ในการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายโหลดในวงจร ชุดอินเวอร์เตอร์ได้แสดงในจุดที่ 8 ของรูปภาพที่ 3.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

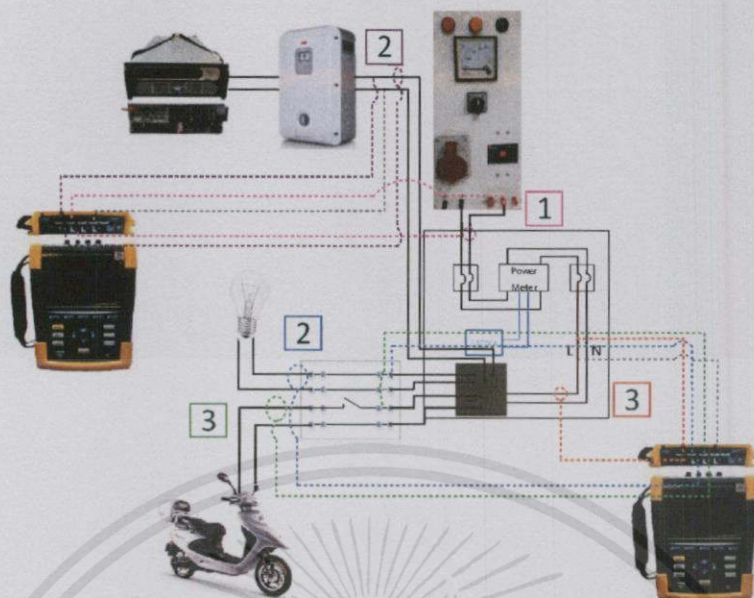


รูปที่ 3.15 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจกักรยานยนต์ไฟฟ้า  
แบบรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน

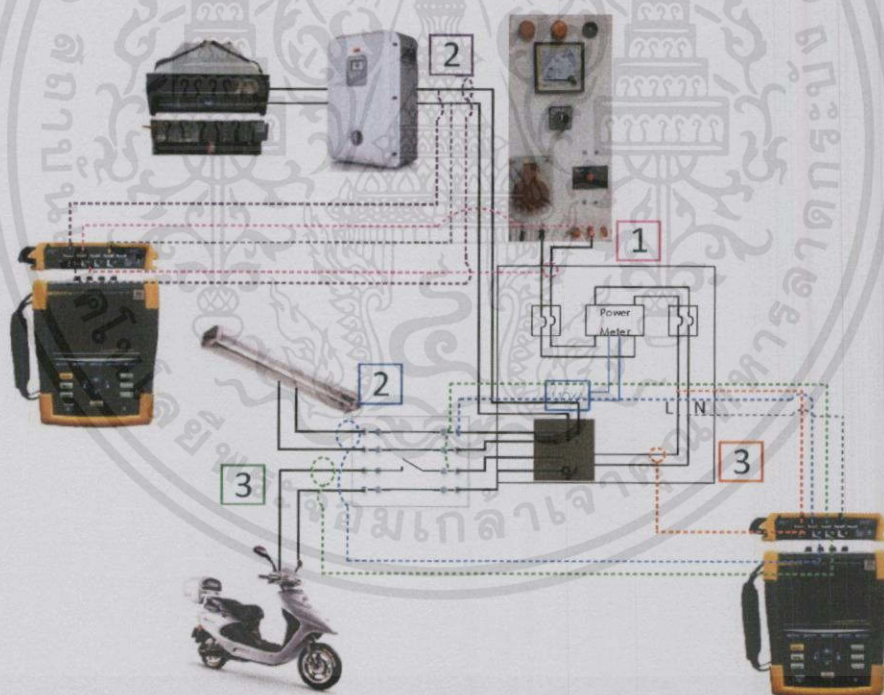


รูปที่ 3.16 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจกักรยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้ภายนอกใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดเชิงเส้นกับจกัรยานยนต์ไฟฟ้า  
แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน



รูปที่ 3.18 วันไลน์ไดอะแกรมระหว่างโหลดไม่เป็นเชิงเส้นกับจกัรยานยนต์ไฟฟ้า  
แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยมีชุดพลังงานทดแทน

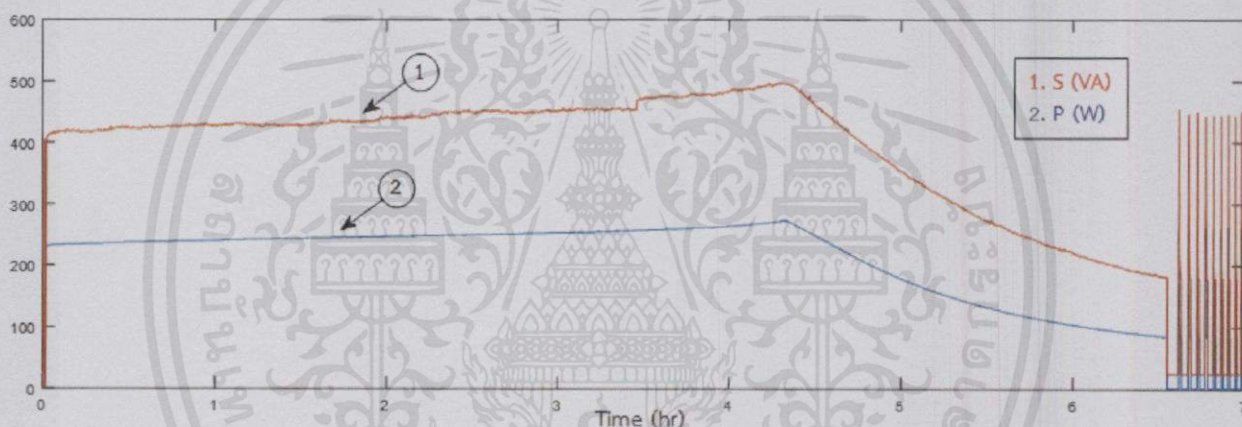
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 4.1 ข้อมูลโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

V	I	S	P	Q	PF	DPF	%THDv	%THDi
(V)	(A)	(VA)	(W)	(Var)				
228.67	1.88	430	240	-70	0.56	0.96	1.55	135.22

จากตารางที่ 4.1 พบว่ารถจักรยานยนต์ไฟฟ้าใช้กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ และจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือน 70 วาร์ และกำลังไฟฟ้าปรากฏที่วัดได้ไม่ได้เท่ากับขนาดผลรวมของเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าจริงกับเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าเสมือน เนื่องจากฮาร์มอนิกที่สูงทำให้เกิด D (ฮาร์มอนิก) กำลังไฟฟ้าปรากฏจึงมีค่าสูงขึ้น จากสมการ 2.1 ได้ค่า  $D = 350$



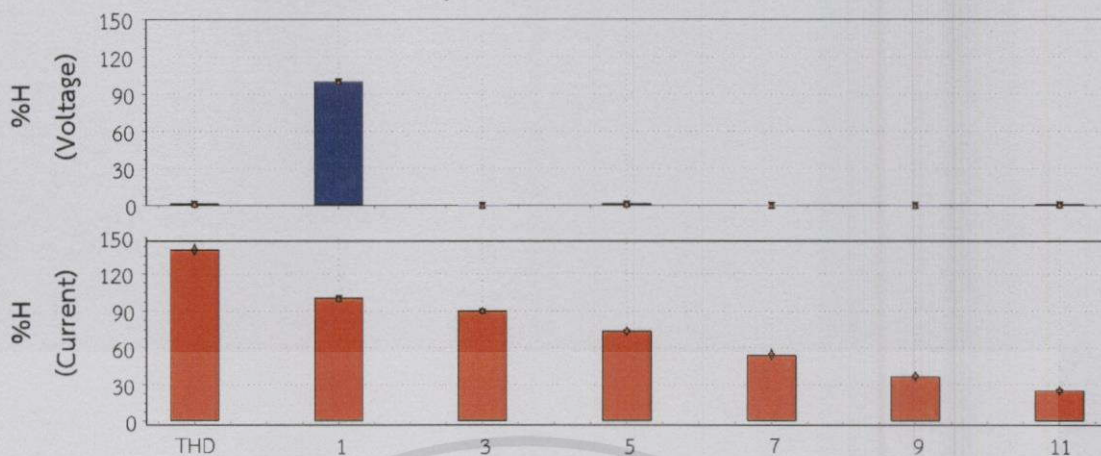
รูปที่ 4.2 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.2 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าใช้เวลาในการชาร์จจากแบตเตอรี่หมดจนแบตเตอรี่เต็ม 6 ชั่วโมง 30 นาที กินพลังงานทั้งหมด 1.41 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในช่วง 4 ชั่วโมงครั้งแรก กำลังไฟฟ้าที่ใช้เกือบคงที่ที่ 240 วัตต์ หลังจากนั้นกำลังไฟฟ้าก็จะค่อยๆ ลดลงจนแบตเตอรี่เต็ม

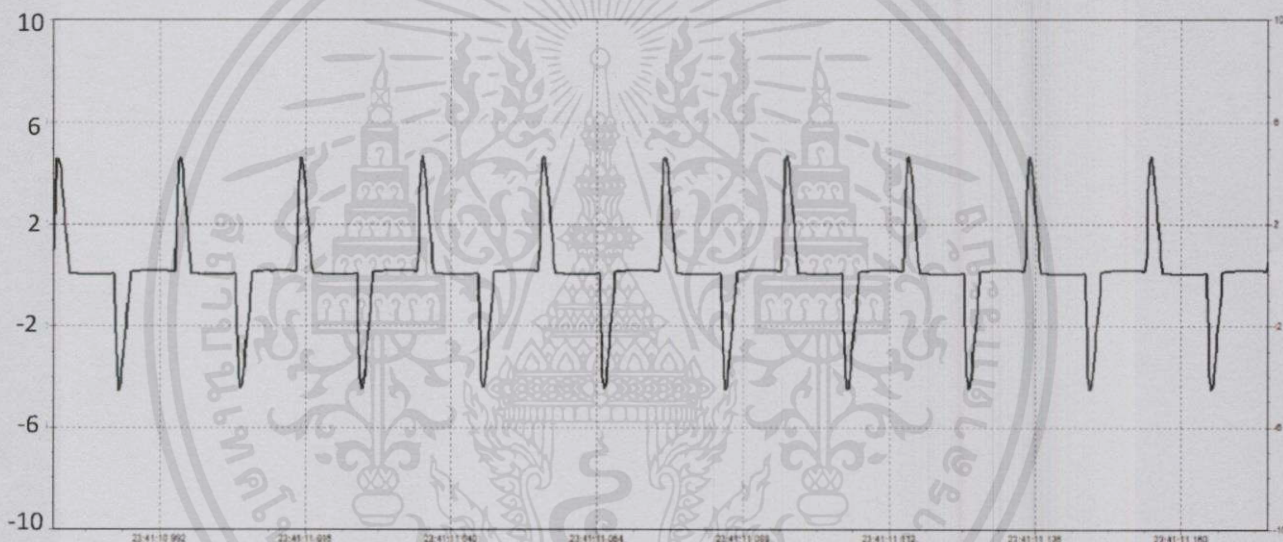
ตารางที่ 4.2 ปริมาณฮาร์มอนิกขณะชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

ลำดับฮาร์มอนิกส์	%H1	%H3	%H5	%H7	%H9	%H11
กระแส	100	88.56	70.37	49.21	30.28	18.29
แรงดัน	100	0.22	1.22	0.18	0.24	0.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟฮาร์มอนิกของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 กราฟกระแสไหลตรรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าขณะชาร์จ

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ฮาร์มอนิกของกระแสที่เกิดขึ้นจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 และ 5 ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า เนื่องจากกระแสของไหลตรรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจากรูปที่ 4.4 มีความผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นไซน์มาก อันเนื่องมาจากอุปกรณ์แปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรงเพื่อใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

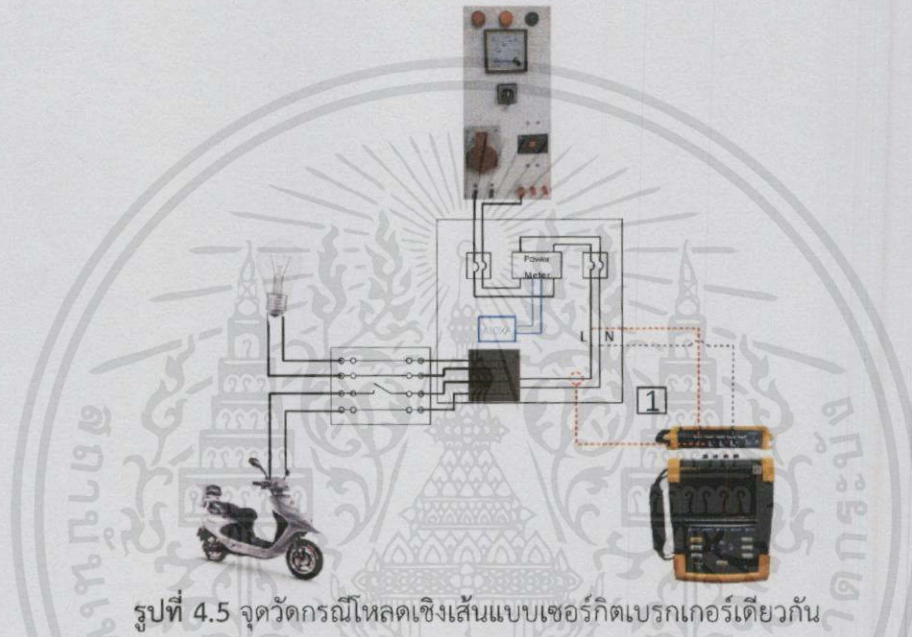
#### 4.2 กรณีใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เพื่อหาผลกระทบจากการชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับโหลด ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกหนึ่งท่านมีให้คำปรึกษาแนะนำ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีธุระนำไปใช้ พื้นฐานในบ้าน โดยแบ่งออกเป็นโหลดเชิงเส้น และโหลดไม่เชิงเส้น รวมถึงแยกกรณีเป็นกรณีต่อโหลด

ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันกับโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า และกรณีต่อโหลดแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์กับโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

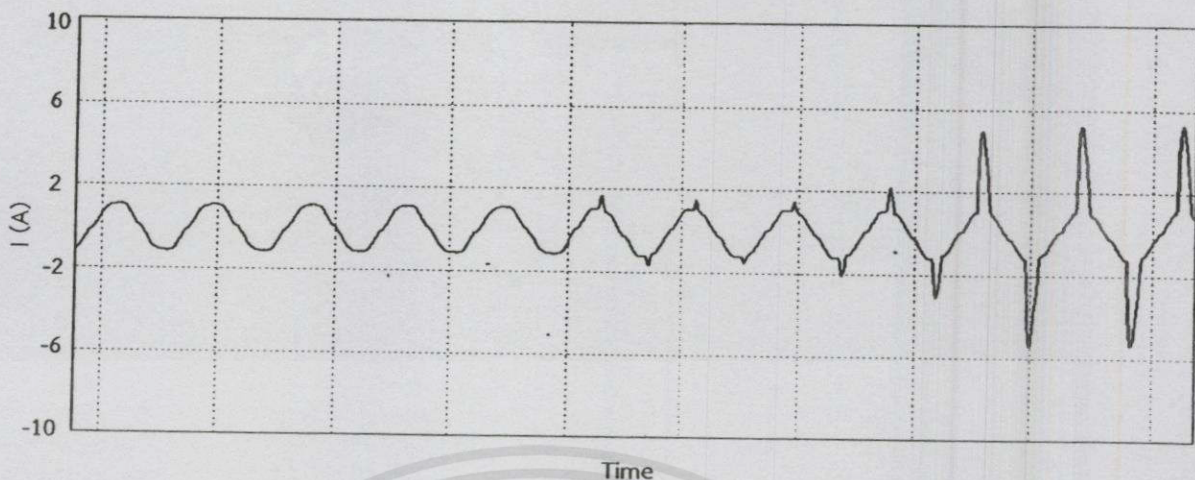
#### 4.2.1 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

จะทำการวัดค่าที่โหลดรวมที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า (จุดวัดที่1) เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดเชิงเส้น



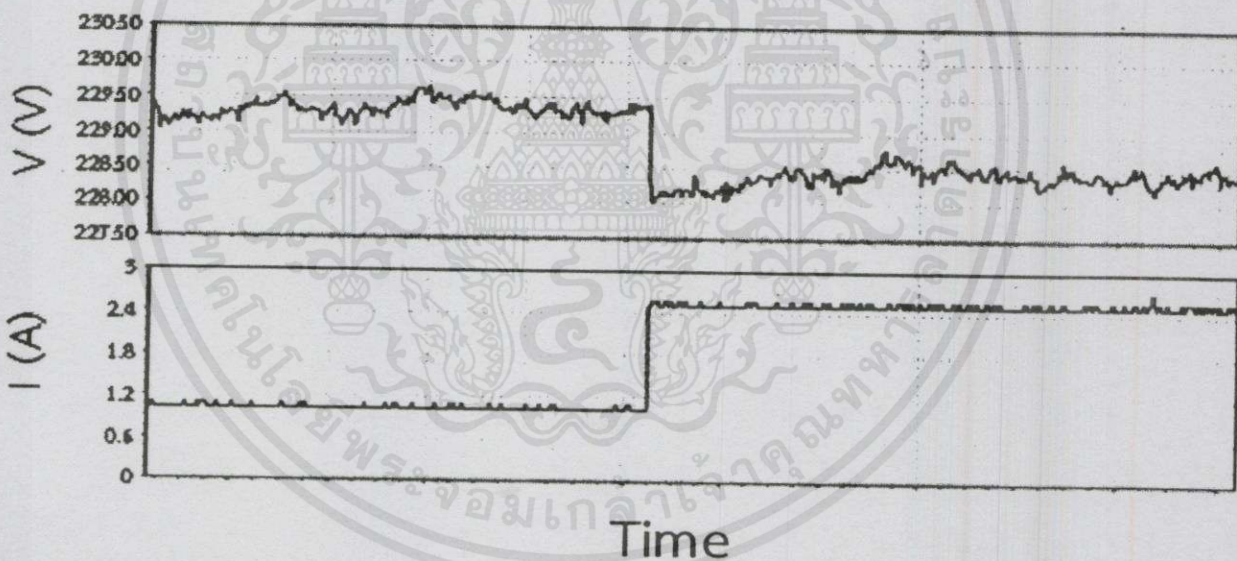
ตารางที่ 4.3 กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

	โหลดเชิงเส้น 250วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		โหลดเชิงเส้น 500วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		โหลดเชิงเส้น 750วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	
	ก่อนต่อ ระบบชาร์จ	หลังต่อ ระบบชาร์จ	ก่อนต่อ ระบบชาร์จ	หลังต่อ ระบบชาร์จ	ก่อนต่อ ระบบชาร์จ	หลังต่อ ระบบชาร์จ
V (V)	229.39	228.19	230.05	229.43	228.73	228.13
I (A)	1.08	2.55	2.15	3.60	3.26	4.63
S (VA)	250	583	496	826	746	1055
P (W)	248	481	496	730	746	983
Q (Var)	0	-70	0	-73	0	-78
PF	1.00	0.82	1.00	0.88	1.00	0.93
%THDv	2.24	2.29	1.19	1.26	1.18	1.22
%THDi	2.38	63.94	1.32	50.81	1.19	37.10



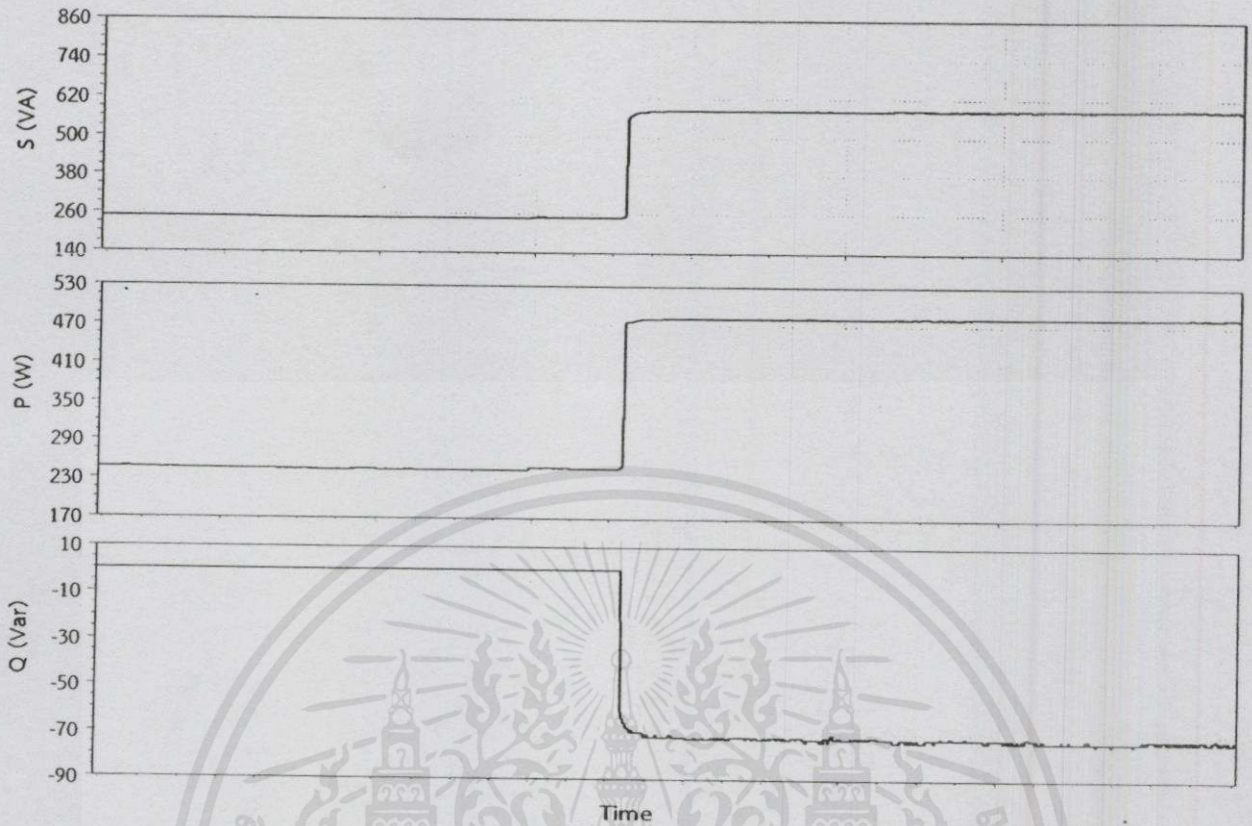
รูปที่ 4.6 กราฟรูปคลื่นกระแสขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดเชิงเส้น 250วัตต์

จากรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้ามารูปคลื่นกระแสจะเป็นผลรวมของรูปคลื่นโหลดเชิงเส้นและรูปของโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.7 กราฟแรงดันและกระแสของโหลดรวม จุดวัดที่1 (โหลดเชิงเส้น 250วัตต์ ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน)

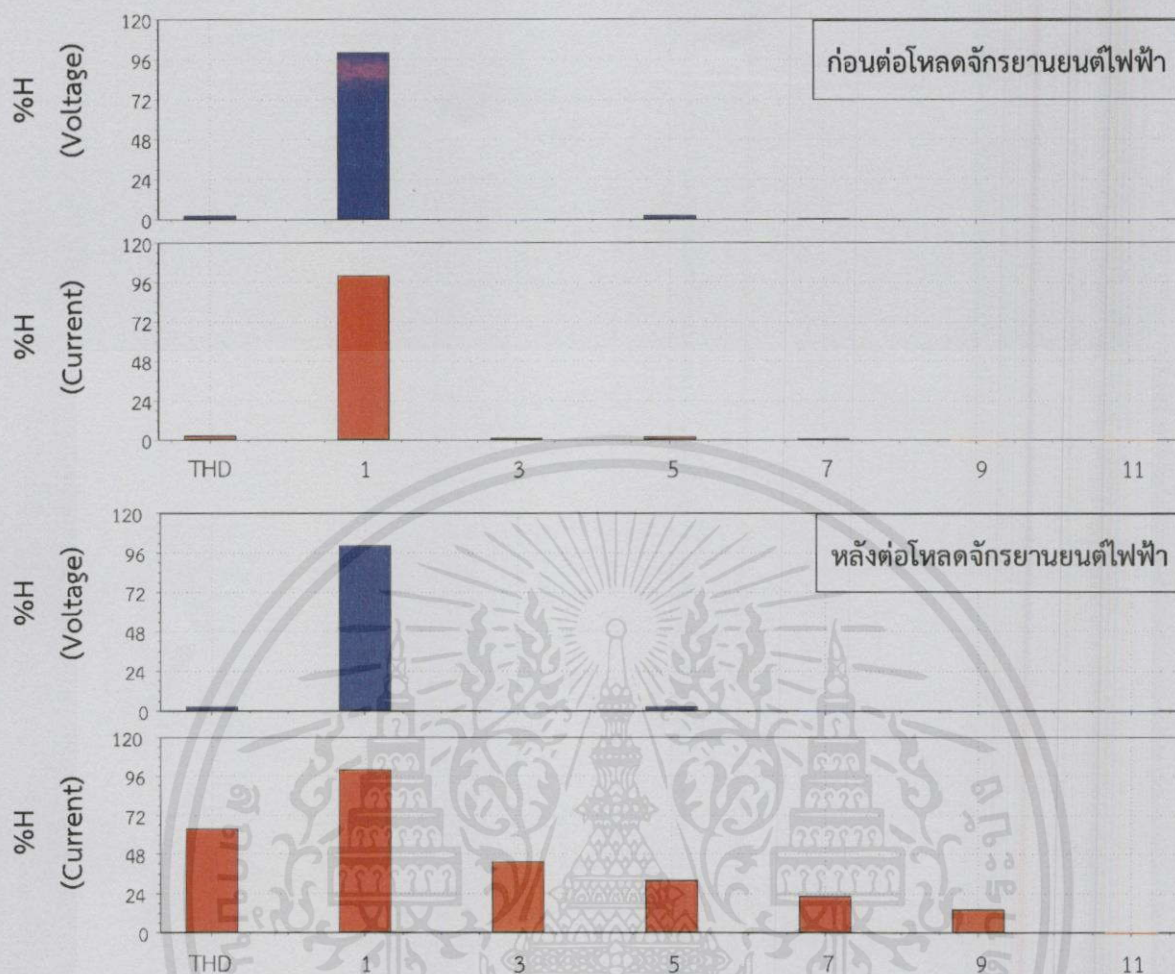
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟกำลังไฟฟ้าของโหลดรวม จุดที่ 1 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์แบบ เซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน)

รูปที่ 4.7 และ 4.8 แสดงพฤติกรรมของ แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าขณะต่อ โหลดรถไฟฟ้าเข้าไปในระบบ เกิดแรงดันตก กระแสที่โหลดสูงขึ้น กำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น มีการจ่าย กำลังไฟฟ้าเสมือนเข้าไปในระบบ ( $Q$  ติดลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



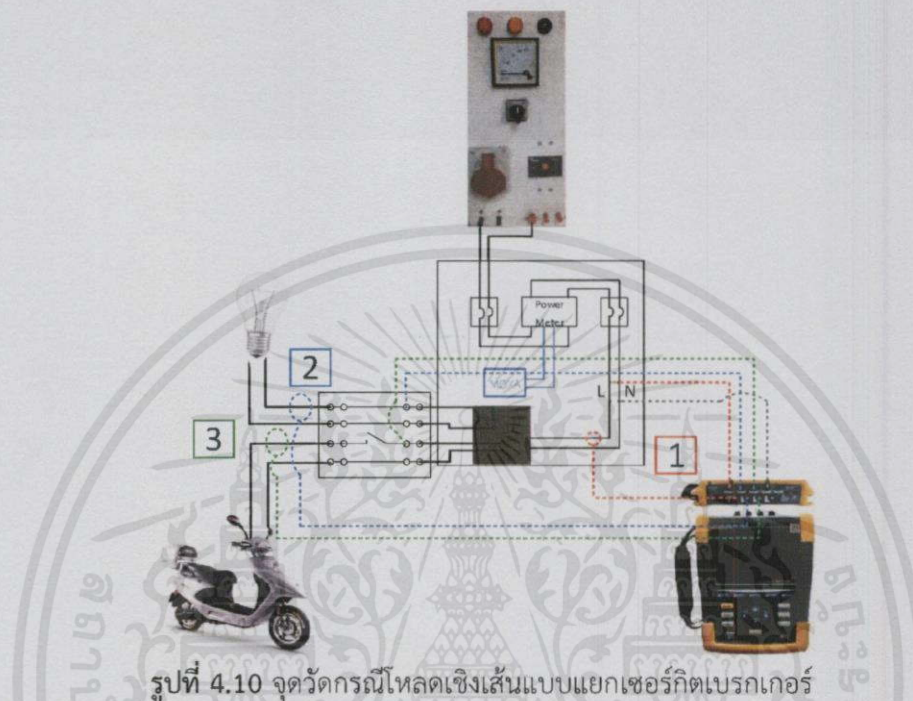
รูปที่ 4.9 กราฟฮาร์มอนิกของโหลดรวม จุดวัดที่ 1 (โหลดเชิงเส้น 250วัตต์แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน)

กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน เพื่อศึกษาผลกระทบต่อโหลดในวงจรเดียวกันกับการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป จะทำให้เกิดแรงดันตก พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง รูปคลื่นแรงดันผิดเพี้ยนเล็กน้อย รูปคลื่นกระแสผิดเพี้ยนไปมาก จากรูปที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสเพิ่มสูงขึ้นหลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า แต่เมื่อมีการเพิ่มโหลดโหลดได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2 และ 3 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดเชิงเส้นที่เกิดจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์



ตารางที่ 4.4 กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จุดวัด	โหลดเชิงเส้น 250วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			โหลดเชิงเส้น 500วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			โหลดเชิงเส้น 750วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
V (V)	229.10	229.10	229.10	228.79	228.79	228.79	230.10	230.10	230.10
I (A)	2.70	1.10	1.88	3.59	2.18	1.89	4.68	3.30	1.91
S (VA)	620	250	430	820	500	430	1070	760	440
P (W)	490	250	240	730	500	240	1000	760	240
Q (Var)	-70	0	-70	-70	0	-70	-70	0	-70
PF	0.80	1.00	0.56	0.89	1.00	0.57	0.93	1.00	0.56
%THDv	1.81	1.81	1.81	1.59	1.59	1.59	1.47	1.47	1.47
%THDi	65.75	4.47	133.00	46.33	2.47	134.82	34.79	1.97	133.99

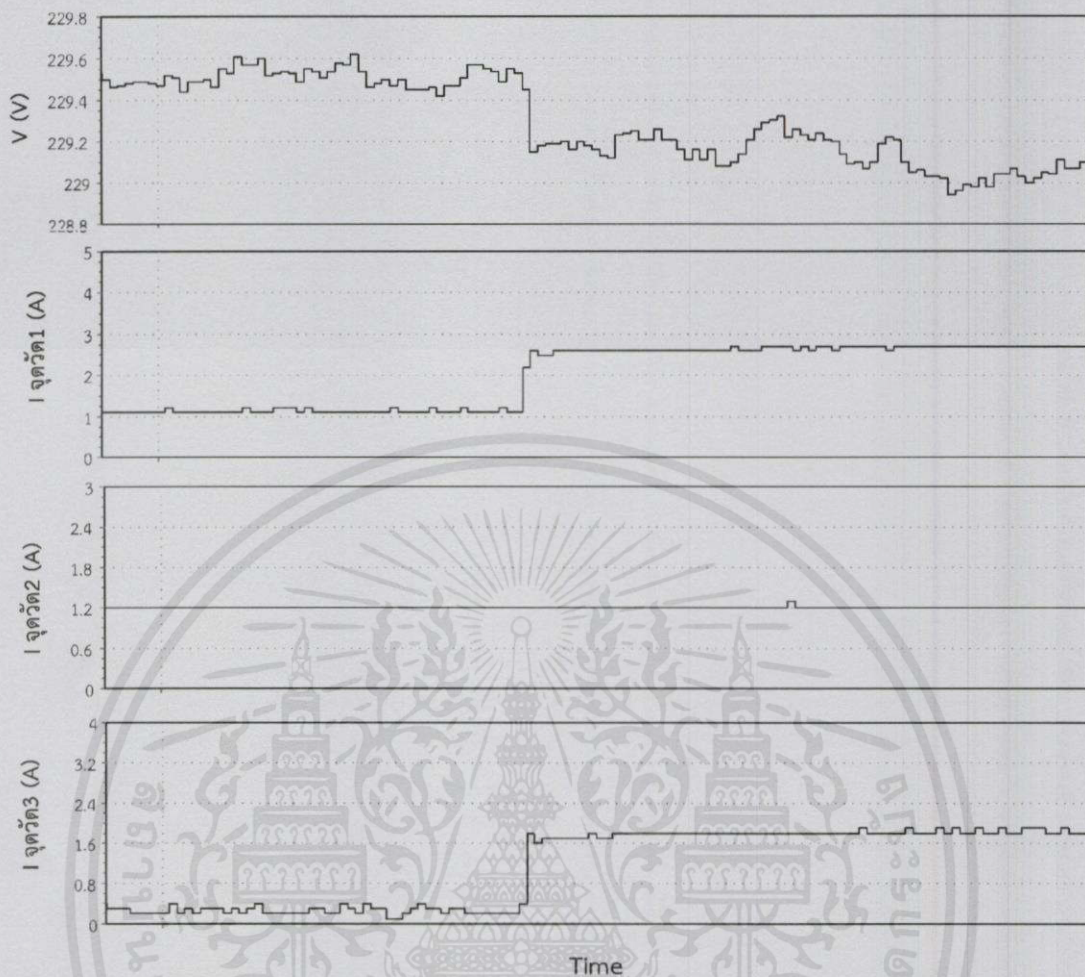
เมื่อเพิ่มโหลดหลอดไฟ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสของหลอดหลอดไฟจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่จุดเซอร์กิตเบรกเกอร์รวม (จุดวัด1) ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน ผลที่ได้มีแนวโน้มคล้ายกัน

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบโหลดเชิงเส้นขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

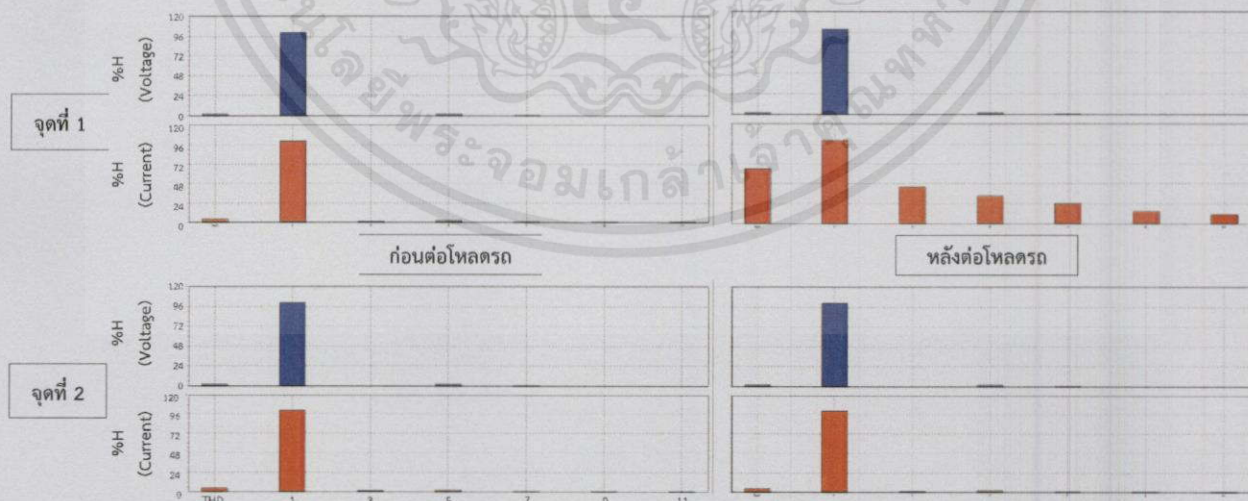
	โหลดเชิงเส้น 250วัตต์		โหลดเชิงเส้น 500วัตต์		โหลดเชิงเส้น 750วัตต์	
	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ ระบบชาร์จ	หลังต่อ ระบบชาร์จ
V (V)	229.60	229.10	230.05	228.79	230.29	230.00
I (A)	1.08	1.10	2.17	2.19	3.30	3.30
S (VA)	250	250	500	500	760	760
P (W)	250	250	500	500	760	760
Q (Var)	0	0	0	0	0	0
PF	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
%THDv	1.74	1.81	1.47	1.59	1.40	1.47
%THDi	4.37	4.47	2.33	2.47	1.90	1.97

กรณีต่อโหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อโหลดวงจรใกล้เคียง จากตารางที่ 4.4 เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไปในวงจร โหลดเชิงเส้นในอีกรวมเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะเกิดผลกระทบน้อยมาก แรงดันจะลดลงเล็กน้อย ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนรูปคลื่นแรงดันและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250วัตต์แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์)



รูปที่ 4.12 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250วัตต์แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์)

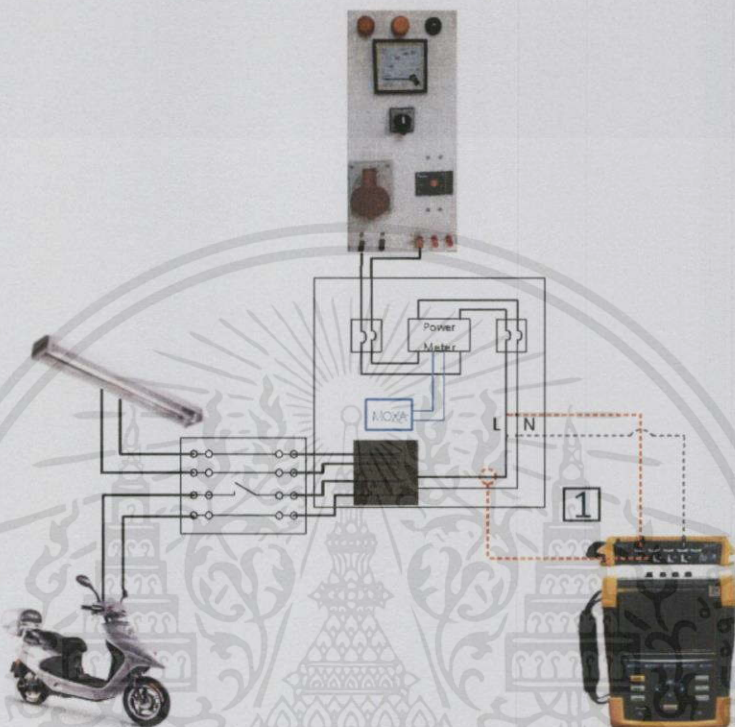
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

จะทำการวัดค่าที่โหลดรวมที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า (จุดวัดที่1) เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดไม่เชิงเส้น

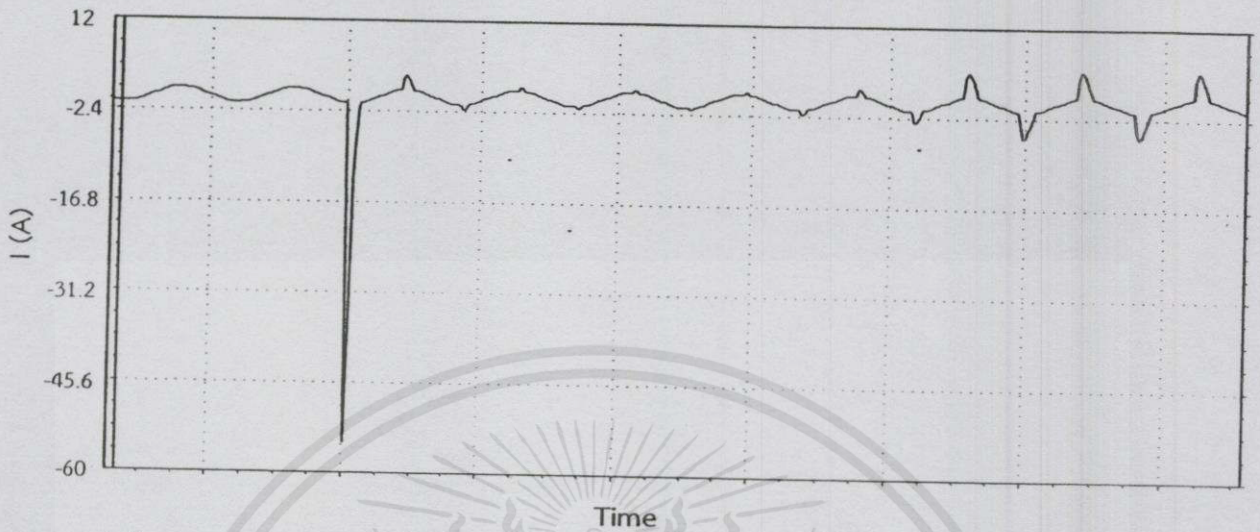


รูปที่ 4.13 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

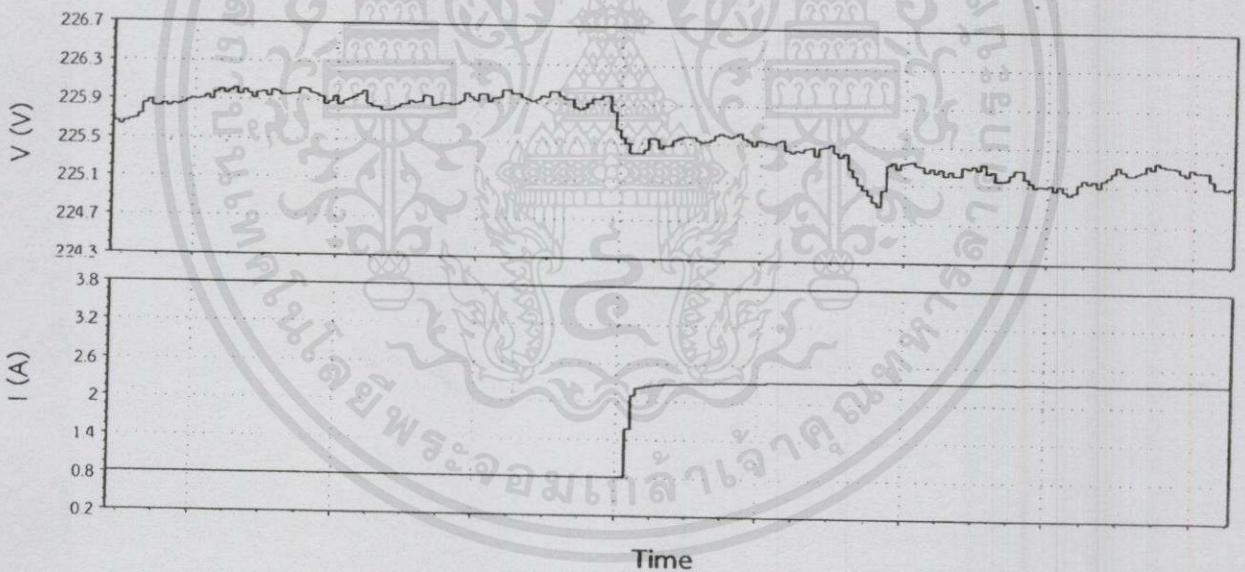
ตารางที่ 4.6 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

	โหลดไม่เชิงเส้น 168วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		โหลดไม่เชิงเส้น 288วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		โหลดไม่เชิงเส้น 456วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	
	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ
V (V)	225.97	225.57	225.04	224.57	223.51	222.99
I (A)	0.81	2.35	1.32	2.82	2.14	3.54
S (VA)	184	529	297	635	472	789
P (W)	182	411	291	525	478	701
Q (Var)	-24	-100	-43	-121	-66	-141
PF	0.99	0.78	0.98	0.82	0.99	0.89
%THDv	2.56	2.68	2.52	2.59	2.27	2.33
%THDi	6.42	73.59	13.04	62.18	9.30	45.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรรณใช้งาน เพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากท่านมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อทางฝ่ายวิชาการของเอกสารที่กรณได้จัดทำไว้

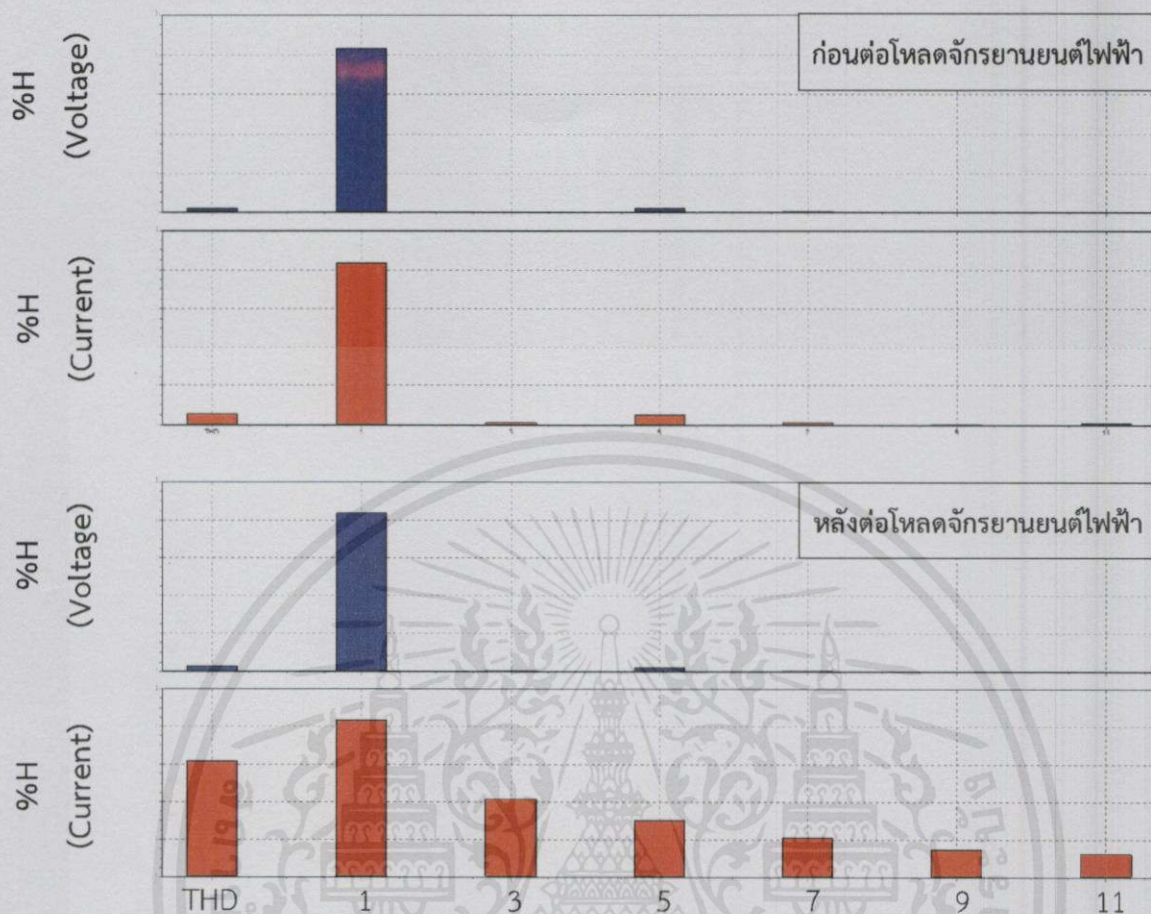


รูปที่ 4.14 กราฟรูปคลื่นกระแสขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าร่วมกับโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์



รูปที่ 4.15 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่ 1 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 กราฟฮาร์โมนิกจุดวัดที่ 1 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 โวลต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน)

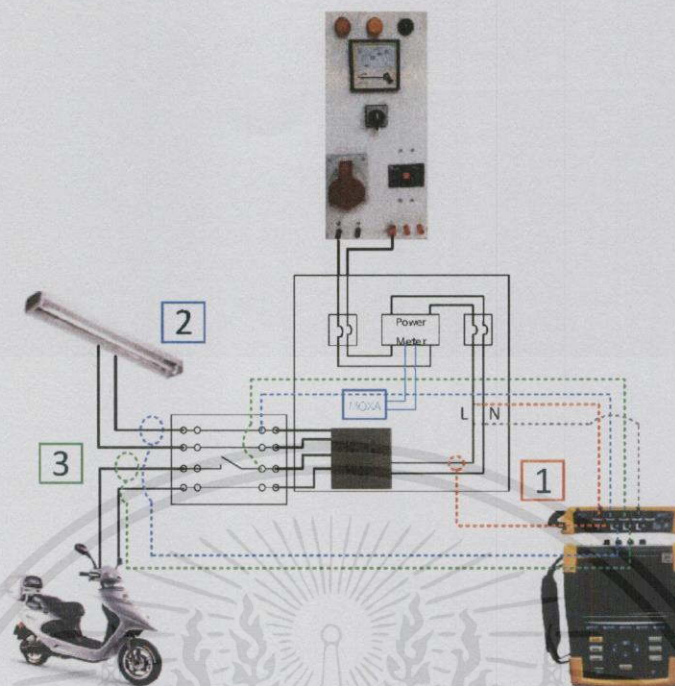
กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน ผลที่ได้เหมือนกับกรณีโหลดเชิงเส้น แต่ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นสูงกว่าโหลดเชิงเส้น เกิดแรงดันตกเล็กน้อย พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง ในกรณีโหลดฟลูออเรสเซนต์และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือนเข้าสู่ระบบ (Q ติดลบมากขึ้น) ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนมีการจ่ายออกสู่ระบบมากขึ้น แต่ถ้าเป็นโหลดชนิดอินดักทีฟ (Inductive Load) กำลังไฟฟ้าเสมือนจากโหลดรถไฟฟ้าจะไปช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือนให้กับโหลดอินดักทีฟ (ผลรวม Q ลดลง) ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสมีค่าสูงกว่าโหลดเชิงเส้นเนื่องจากจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และเมื่อเพิ่มโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไปก็จะทำให้ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสสูงขึ้นไปอีก

#### 4.2.4 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2 และ 3 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดไม่เชิงเส้นที่เกิดจากการแยกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบสวนเพื่อการสืบสวนเท่านั้น มิใช่เพื่อใช้ในการค้า

ชำระจกรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ออกทางนามให้คิดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



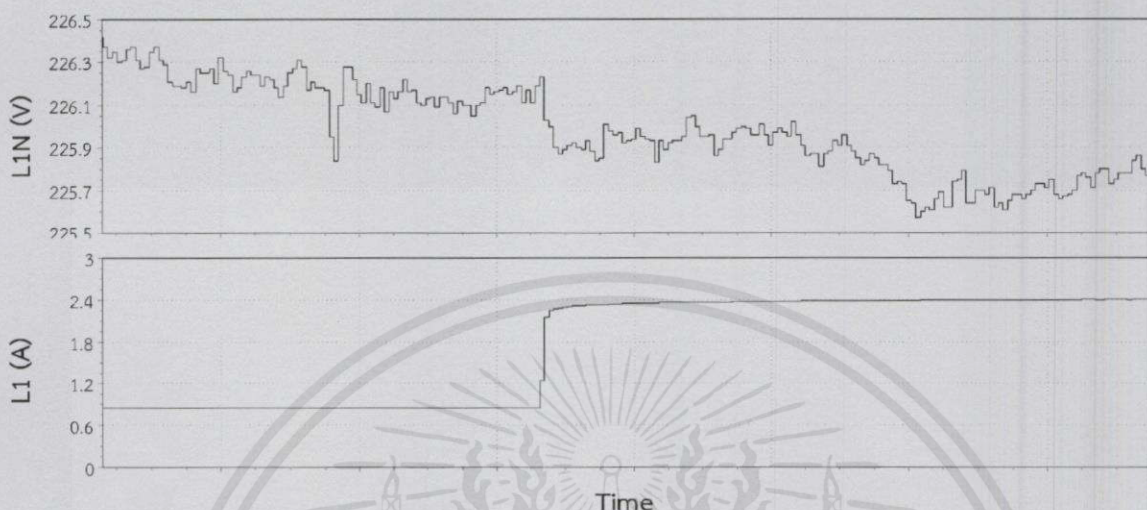
รูปที่ 4.17 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

ตารางที่ 4.7 กรณีต่อโหลดเชิงไม่เส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

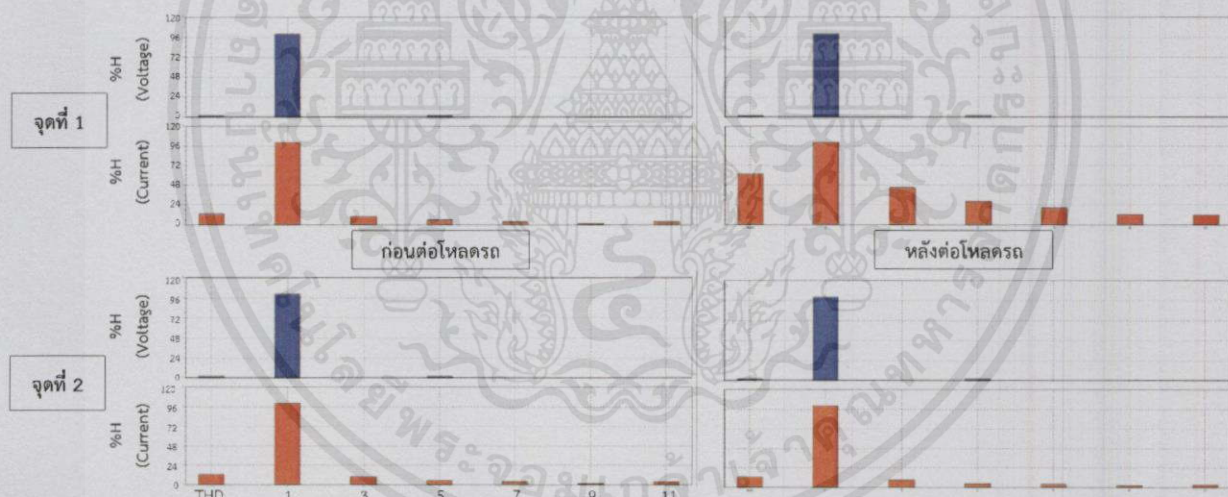
จุดวัด	โหลดไม่เชิงเส้น 168วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			โหลดไม่เชิงเส้น 288วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			โหลดไม่เชิงเส้น 456วัตต์ + รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
V (V)	225.90	225.90	225.90	226.93	226.93	226.93	225.26	225.26	225.26
I (A)	2.40	0.81	1.84	2.86	1.31	1.82	3.64	2.12	1.83
S (VA)	543	184	413	648	299	413	821	478	413
P (W)	425	182	240	538	294	240	731	471	239
Q (Var)	-95	-24	-70	-115	-43	-70	-134	-66	-70
PF	0.78	0.99	0.58	0.83	0.98	0.58	0.89	0.99	0.58
%THDv	2.07	2.07	2.07	1.87	1.87	1.87	1.96	1.96	1.96
%THDi	73.03	6.20	128.22	61.68	13.24	129.26	45.92	19.69	128.52

จากตาราง 4.6 เมื่อเพิ่มโหลดโหลดไฟ ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสของ  
 โหลดโหลดไฟจะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อพิจารณาที่จุดเซอร์กิตเบรกเกอร์รวม (จุดวัด1) ค่าความผิดเพี้ยนของ  
 โหลดโหลดไฟจะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อพิจารณาที่จุดเซอร์กิตเบรกเกอร์รวม (จุดวัด1) ค่าความผิดเพี้ยนของ

รูปคลื่นกระแสจะลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน ผลที่ได้มีแนวโน้มและค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.18 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่ 1 (โหลดไม่เชิงเส้น 166วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์)



รูปที่ 4.19 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1 และ 2 (โหลดไม่เชิงเส้น 166วัตต์ แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบโหลดไม่เชิงเส้นขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

	โหลดไม่เชิงเส้น 168วัตต์		โหลดไม่เชิงเส้น 288วัตต์		โหลดไม่เชิงเส้น 456วัตต์	
	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ	ก่อนต่อ โหลดรถ	หลังต่อ โหลดรถ
V (V)	226.15	225.90	227.30	226.93	225.57	225.26
I (A)	0.81	0.81	1.31	1.31	2.12	2.12
S (VA)	184	184	299	299	478	478
P (W)	182	182	294	294	471	471
Q (Var)	-24	-24	-43	-43	-66	-66
PF	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99
%THDv	2.02	2.07	1.81	1.87	1.91	1.96
%THDi	6.11	6.20	13.17	13.24	19.62	9.69

เมื่อเปรียบเทียบโหลดไม่เชิงเส้นก่อนและหลังต่อระบบชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า เกิดผลกระทบกับโหลดไม่เชิงเส้นเล็กน้อยคือ แรงดันตกเล็กน้อย ค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแส และแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

#### 4.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้าร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600วัตต์

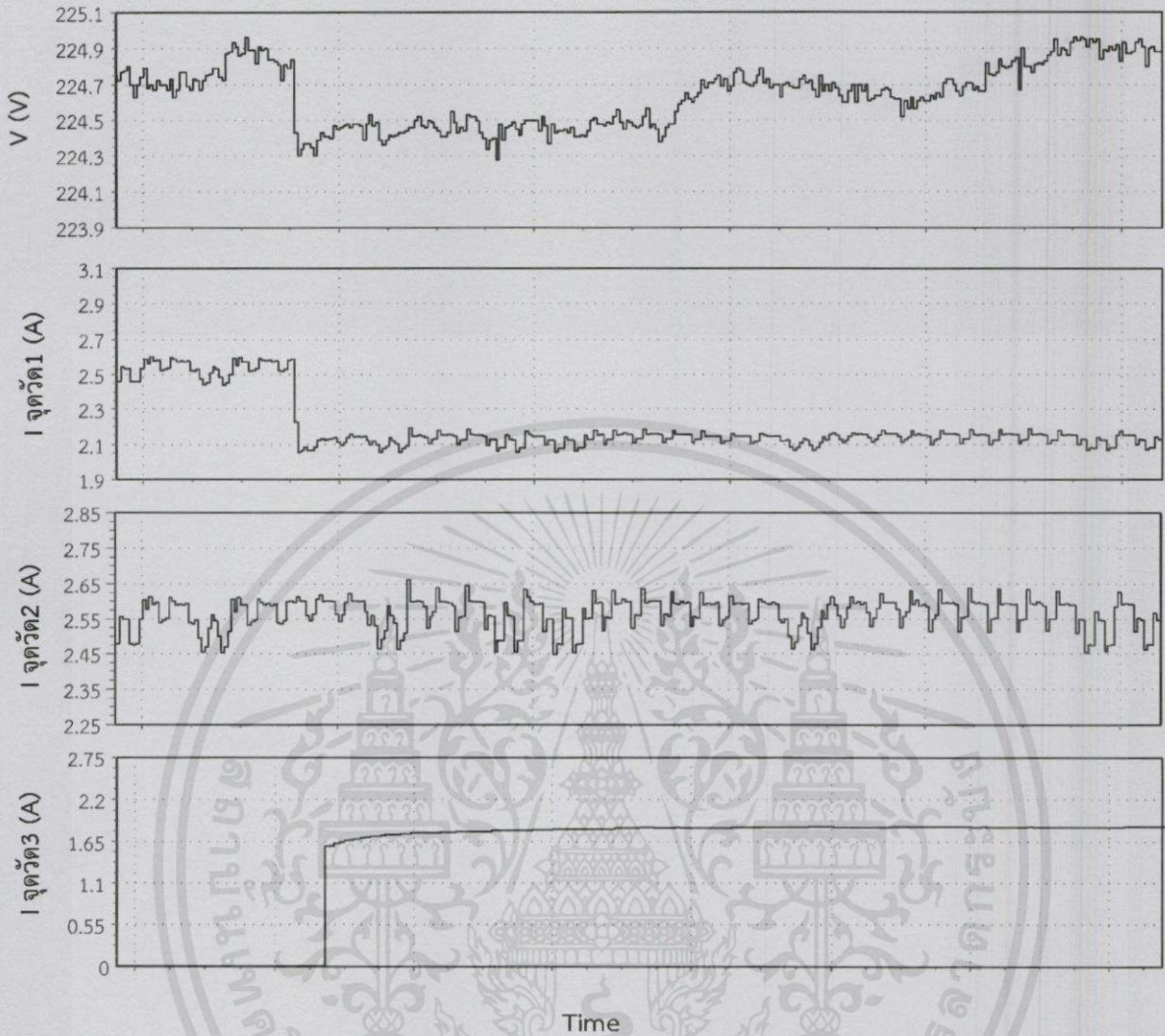
เพื่อหาผลกระทบจากการชาร์จแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับโหลดพื้นฐานในบ้าน เมื่อมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์มาช่วย โดยแบ่งออกเป็นโหลดเชิงเส้น และโหลดไม่เชิงเส้น รวมถึงแยกกรณีเป็นกรณีต่อโหลดในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกันกับโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า และกรณีต่อโหลดแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์กับโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

##### 4.3.1 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

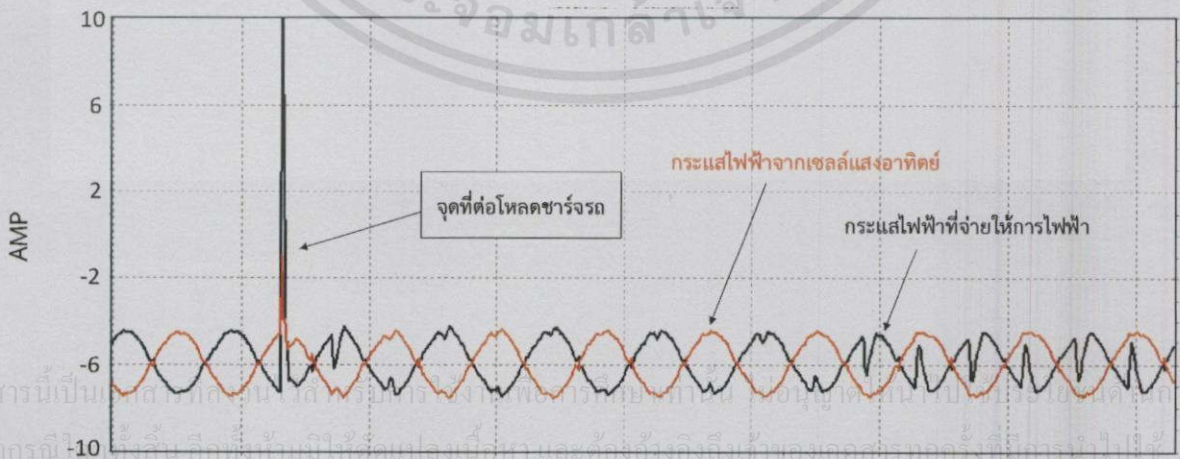
เพื่อหาข้อมูลของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าโดยใช้แหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกรต่อโหลดแบบเชิงเส้นและโหลดไม่เชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



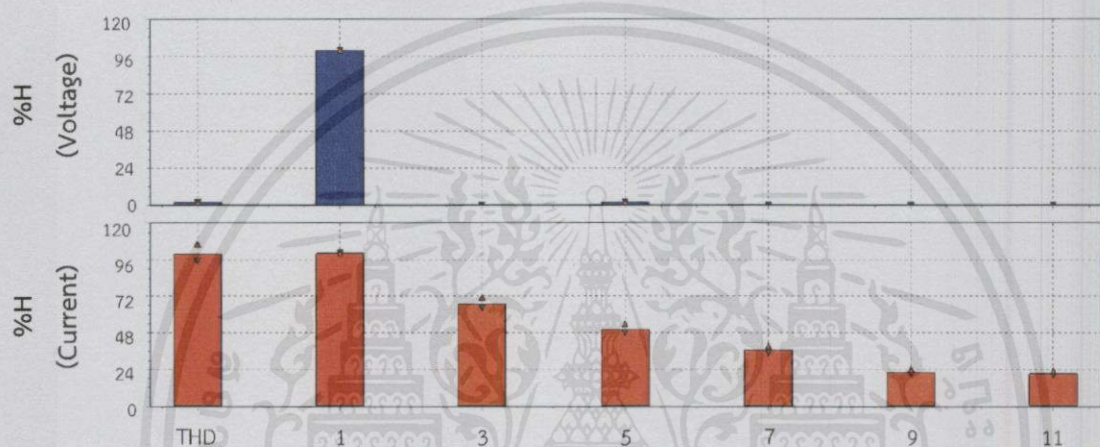


รูปที่ 4.21 กราฟแรงดันและกระแสจุดวัดที่ 1, 2, 3 (โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)



รูปที่ 4.22 กราฟกระแสไฟฟ้าขณะต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

กระแสจากแหล่งจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์มีรูปคลื่นใกล้เคียงรูปไซน์ มีความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสเล็กน้อย กระแสที่จ่ายให้การไฟฟ้าเท่ากับกระแสจากแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ จากรูปที่ 4.22 เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าบางครั้ง จะเกิดทรานเซียนต์ของกระแสชั่วขณะหนึ่ง ค่ายอดของกระแสจะพุ่งสูงมาก และหลังจากต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ารูปคลื่นของกระแสที่ส่งออกไปการไฟฟ้าจะมีความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นมากขึ้น ซึ่งเกิดจากกระแสที่มีฮาร์มอนิกสูงของโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า



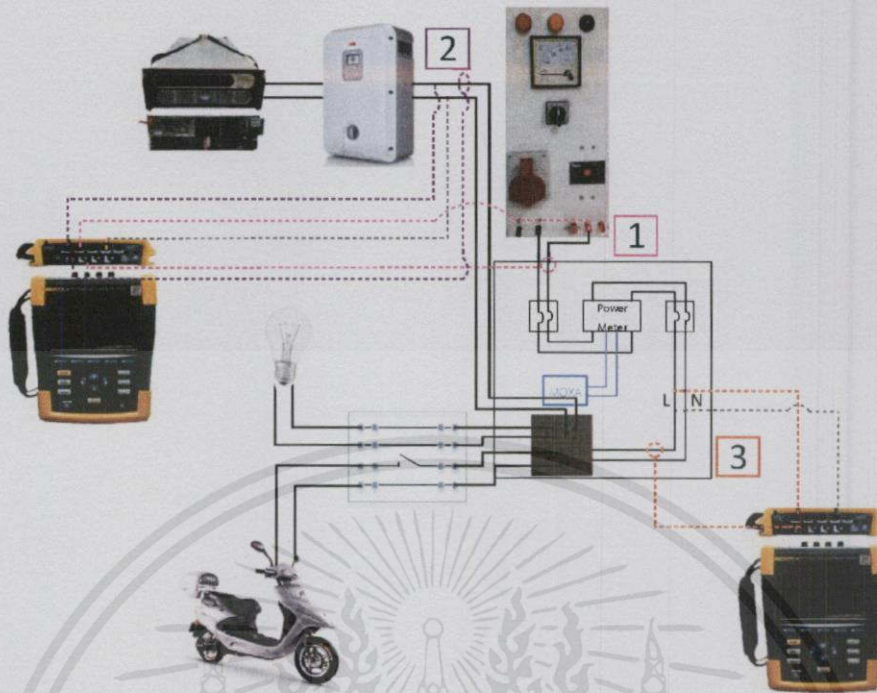
รูปที่ 4.23 กราฟฮาร์มอนิกจุดวัดที่ 1 (โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเดียว และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

จากรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้กระแสที่ส่งออกไปการไฟฟ้ามีฮาร์มอนิกอันดับที่สูงขึ้นมาก โดยเฉพาะฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 และ 5 ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า

#### 4.3.2 โหลดเชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2 และ 3 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดเชิงเส้นที่เกิดจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

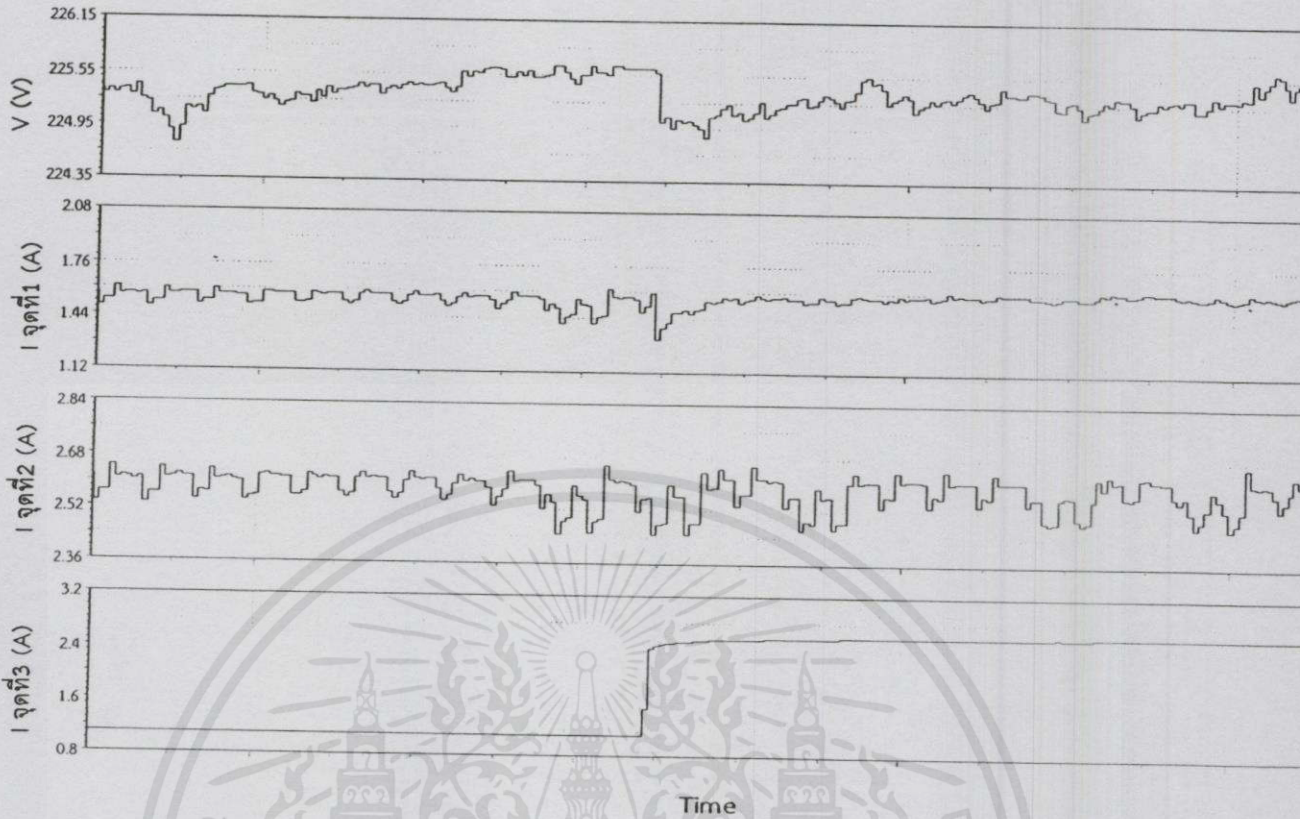


รูปที่ 4.24 จุดวัดกรณีโหลดเชิงเส้นในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

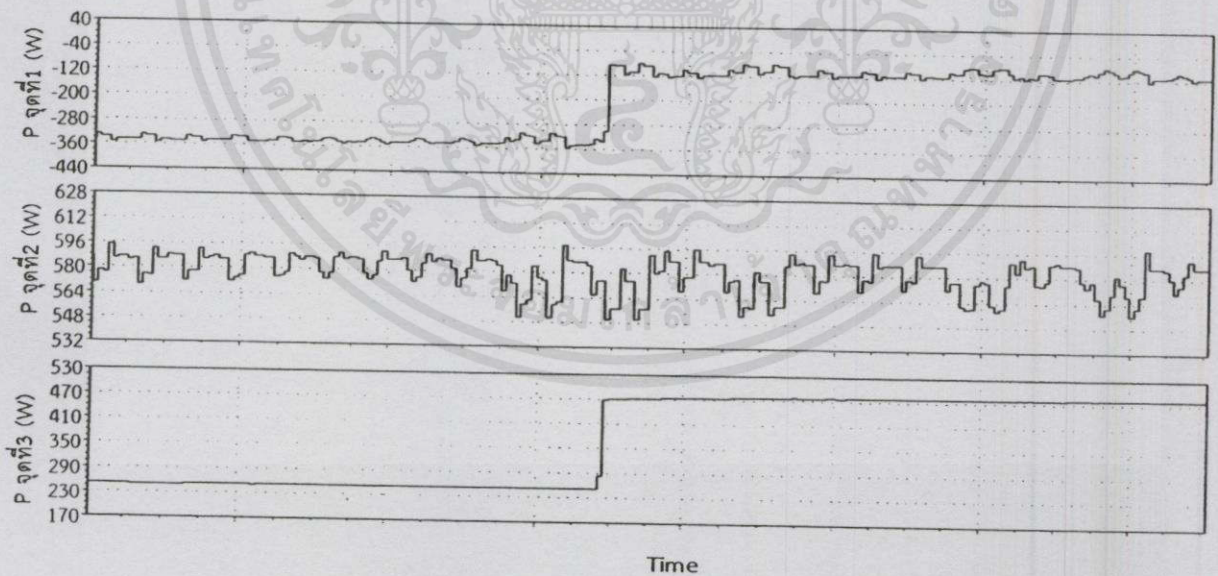
ตารางที่ 4.10 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3
V (V)	255.55	255.55	255.55	225.12	225.12	225.12
I (A)	1.53	2.56	1.11	1.61	2.61	2.62
S (VA)	-345	579	250	-363	588	590
P (W)	-336	577	250	-110	587	484
Q (Var)	-19	16	0	-76	7	-70
PF	0.98	0.99	1.00	0.30	0.99	0.82
%THDv	1.82	1.82	1.82	1.95	1.95	1.95
%THDi	37.45	5.72	1.93	256.96	5.80	66.47

กรณีโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ มีโหลดรวมน้อยกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ 600วัตต์ ทำให้เกิดการส่งพลังงานเข้าสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง กระแสไฟฟ้าที่ส่งออกสู่การไฟฟ้าจะมีความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงมาก ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

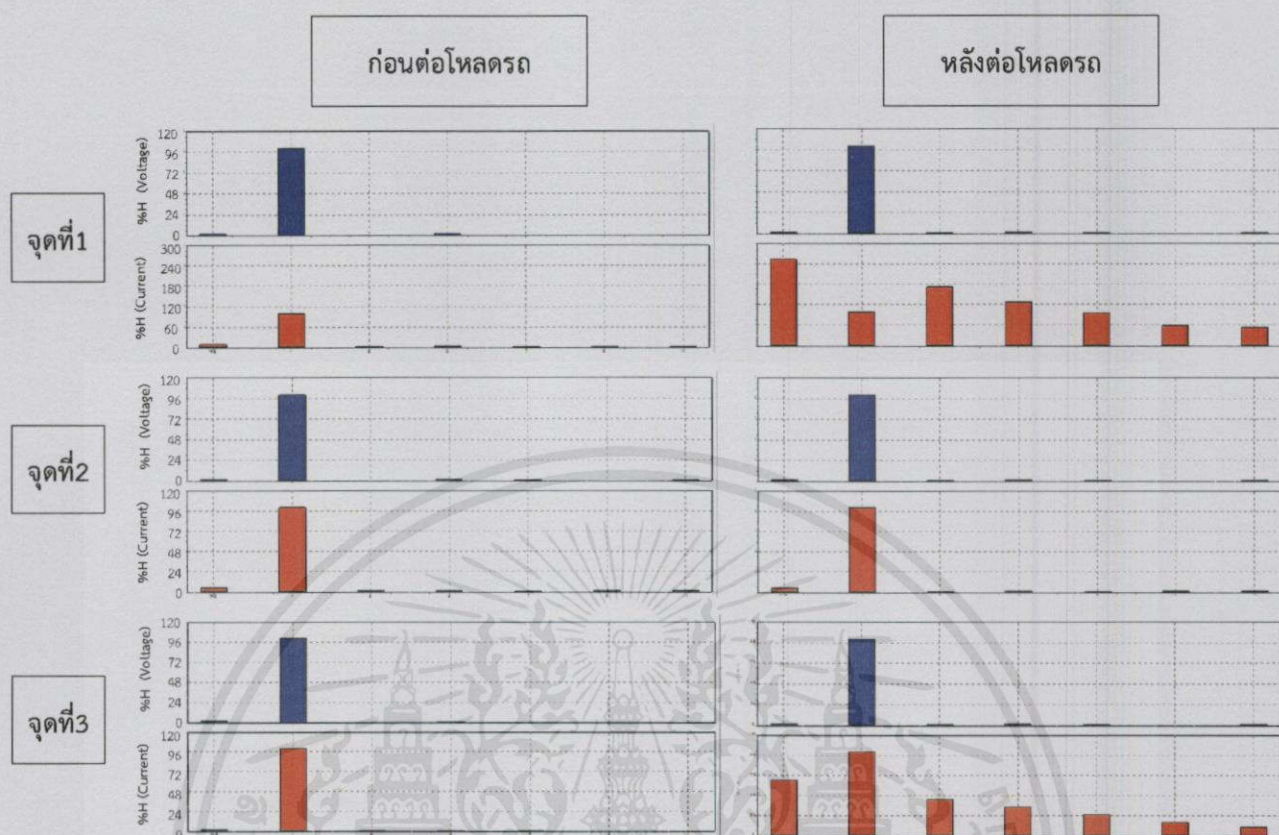


รูปที่ 4.25 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)



รูปที่ 4.26 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์) แต่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

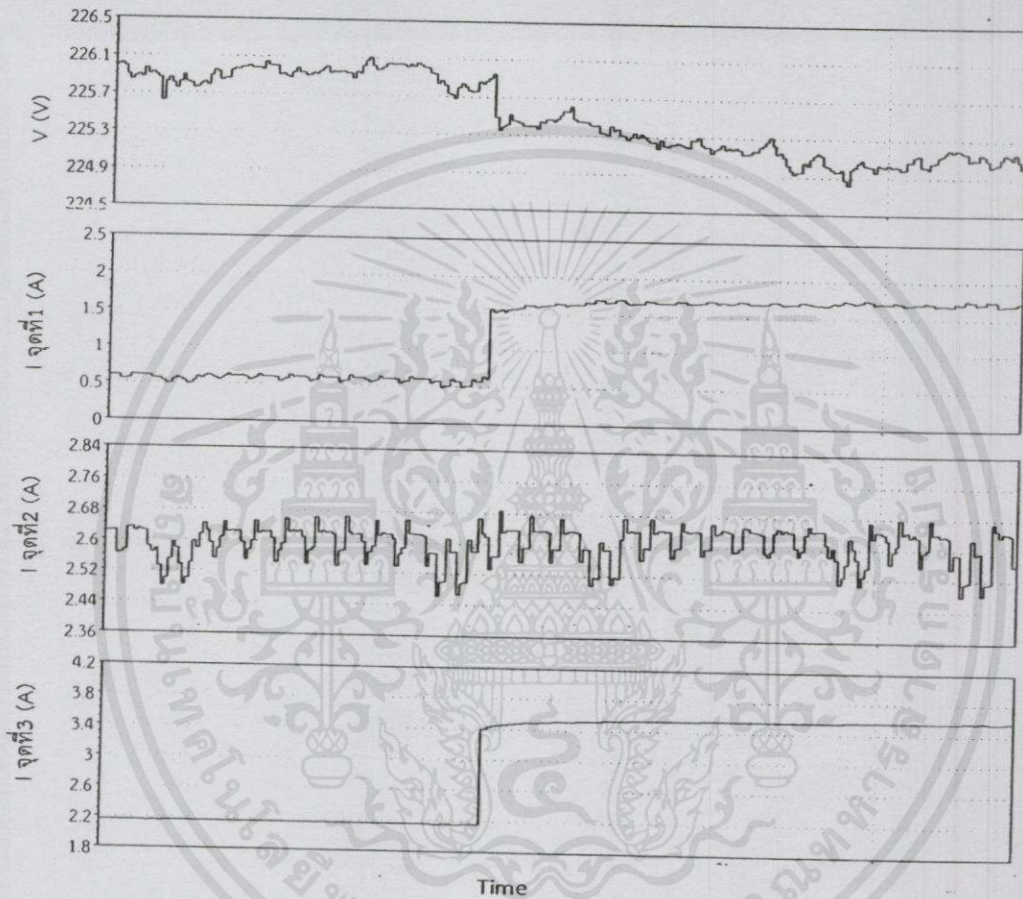


รูปที่ 4.27 กราฟฮาร์โมนิกที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 250วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

ตารางที่ 4.11 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

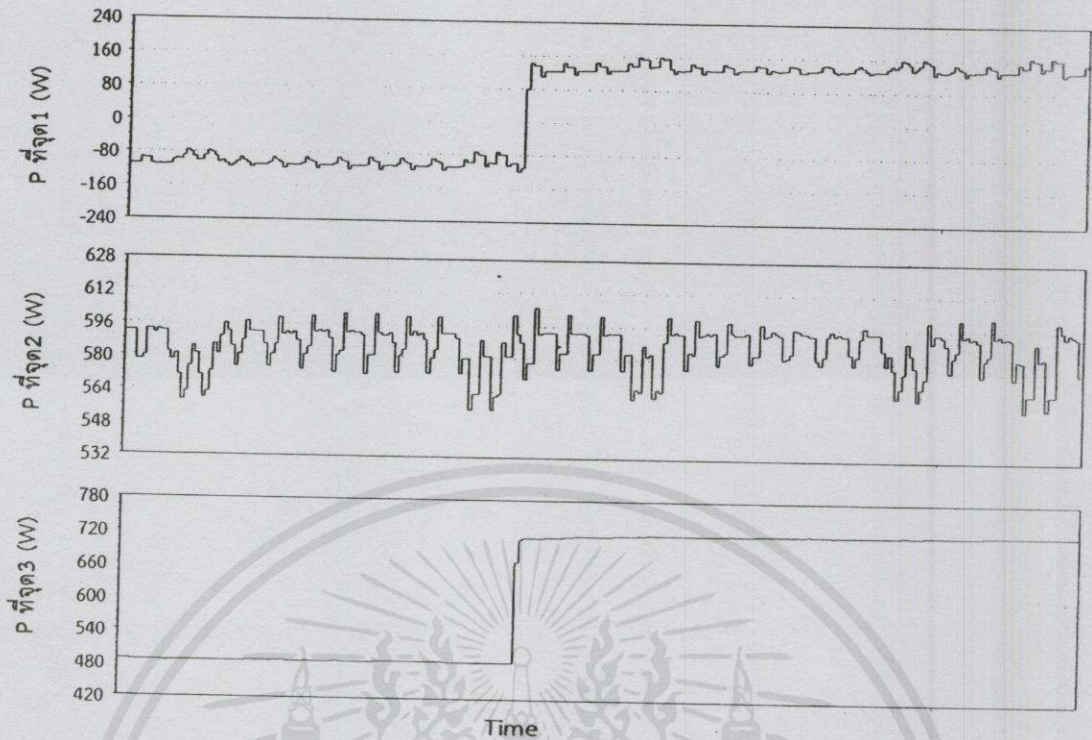
จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3
V (V)	225.86	225.86	225.86	225.01	225.01	225.01
I (A)	0.60	2.61	2.15	1.70	2.64	3.56
S (VA)	-135	590	486	384	594	800
P (W)	-106	588	486	131	593	728
Q (Var)	-20	16	0	-90	19	-70
PF	0.78	0.99	1.00	0.34	0.99	0.91
%THDv	1.37	1.37	1.37	1.49	1.49	1.49
%THDi	30.17	5.45	1.52	201.62	5.42	45.24

กรณีโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ ในช่วงแรกโหลดเชิงเส้นมีขนาดน้อยกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดพลังงานที่ส่งออกไปสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามักค่าติดลบ) และช่วงที่ 2 เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไป โหลดรวมจึงมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) พาวเวอร์แฟกเตอร์มีค่าลดลง และเกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้น



รูปที่ 4.28 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

ตารางที่ 4.12 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

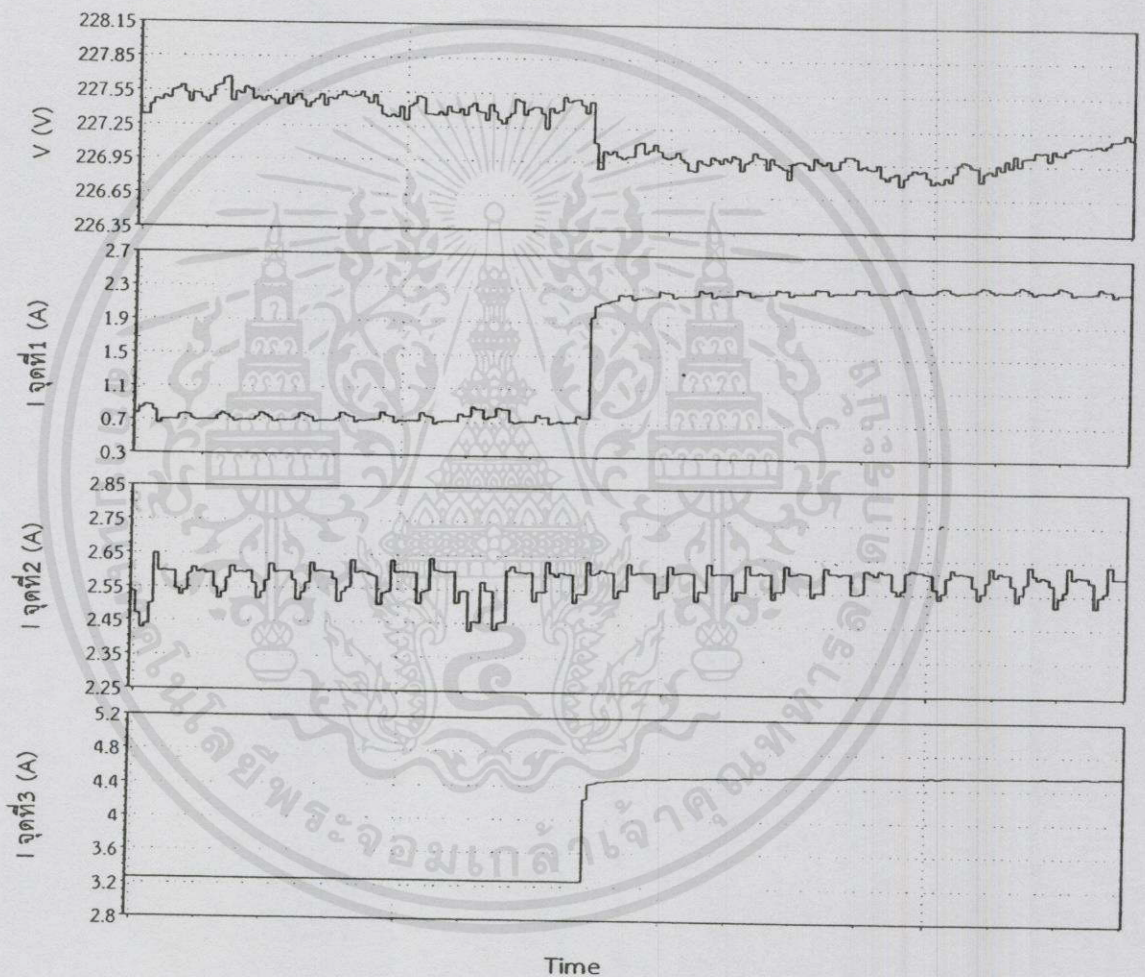
	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	จุดวัด 1	จุดวัด 2	จุดวัด 3	จุดวัด 1	จุดวัด 2	จุดวัด 3
V (V)	227.43	227.43	227.43	227.00	227.00	227.00
I (A)	2.21	2.60	4.86	2.30	2.60	4.55
S (VA)	162	592	741	523	591	1033
P (W)	153	590	741	395	590	975
Q (Var)	-26	26	0	-80	10	-70
PF	0.95	0.99	1.00	0.76	0.99	0.94
%THDv	1.44	1.44	1.44	1.66	1.66	1.66
%THDi	24.44	5.57	1.50	79.75	5.77	32.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกได้แก่การนำข้อมูลข้างต้นไปใช้ในการทำรายงานหรือเอกสารใดๆก็ตามโดยไม่ได้รับอนุญาต  
กรณีโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ โหลดเชิงเส้นและโหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่าย  
จากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่ 1 กำลังไฟฟ้ามี่

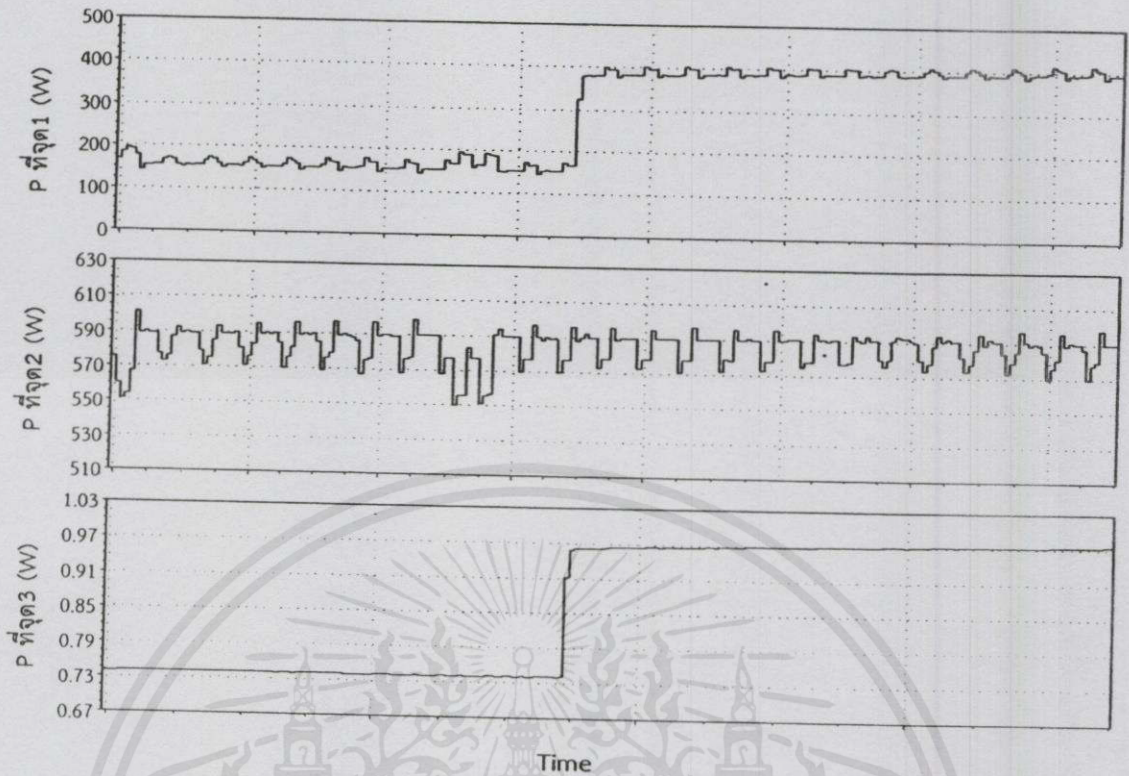
ค่าเป็นบวก) เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง เกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ตาราง พบว่าถ้าเพิ่มขนาดโหลดเชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง ด้านพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่จุดการไฟฟ้า (จุดที่1) ถ้าโหลดมีขนาดเข้าใกล้ขนาดแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะต่ำ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่งออกไปที่การไฟฟ้าลดลง แต่กำลังไฟฟ้าเสมือนมีค่าเท่าเดิม ถ้ากำลังไฟฟ้าของโหลดมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ



รูปที่ 4.30 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

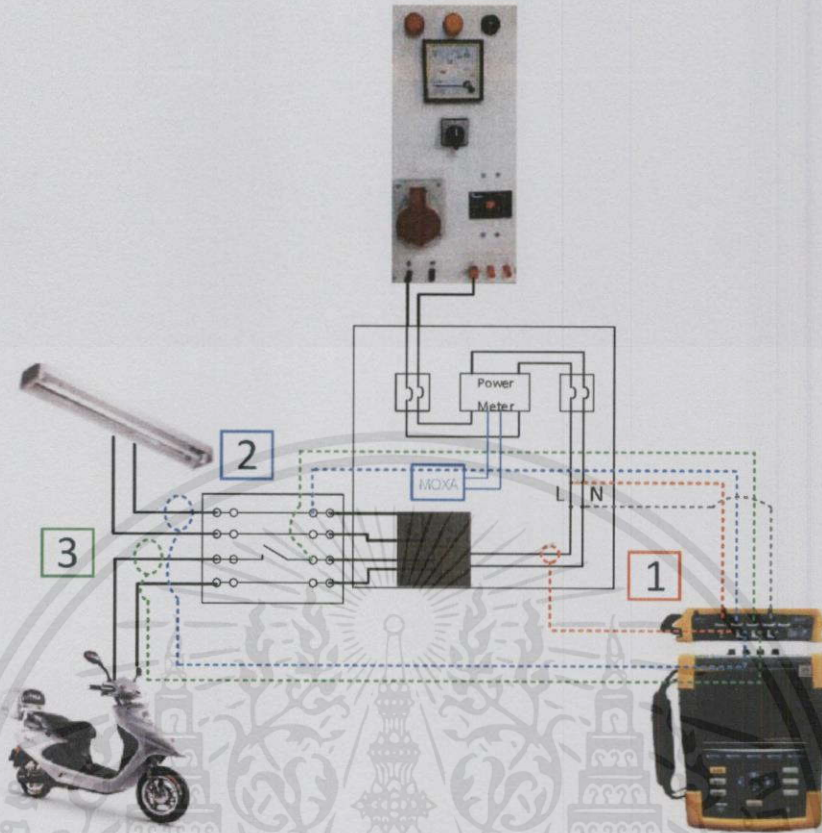
กรณีโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ โหลดเชิงเส้นและโหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่ 1 กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) เมื่อต่อโหลดจกรยานยนต์ไฟฟ้าทำให้พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง เกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ตาราง พบว่าถ้าเพิ่มขนาดโหลดเชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง ด้านพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่จุดการไฟฟ้า (จุดที่ 1) ถ้าโหลดมีขนาดเข้าใกล้ขนาดแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะต่ำ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่งออกไปที่การไฟฟ้าลดลง แต่กำลังไฟฟ้าเสมือนมีค่าเท่าเดิม ถ้ากำลังไฟฟ้าของโหลดมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

#### 4.3.3 โหลดเชิงเส้นและโหลดจกรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดเชิงเส้นที่เกิดจากการชาร์จจกรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 จุดวัดกรณีหลอดเชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

ตารางที่ 4.13 กรณีต่อหลอดเชิงเส้น 250 วัตต์ และหลอดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

	ก่อนต่อหลอดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อหลอดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
จุดวัด	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	226.40	226.40	226.40	226.40	-	225.89	225.89	225.89	225.89	225.89
I (A)	1.51	2.55	1.11	1.11	-	1.47	2.60	2.75	1.11	1.91
S (VA)	-341	579	251	251	-	-333	588	613	251	431
P (W)	-333	577	251	251	-	-100	587	491	251	237
Q (Var)	-19	16	0	0	-	-80	7	-72	0	-72
PF	0.98	0.99	1.00	1.00	-	0.30	0.99	0.80	1.00	0.55
%THDv	0.17	0.17	0.17	0.17	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
%THDi	10.31	5.58	0.88	0.88	-	260.64	5.61	65.34	0.94	133.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีโหลดเชิงเส้น 250 วัตต์ มีโหลดรวมน้อยกว่า 600 วัตต์ ทำให้เกิดการส่งพลังงานเข้าสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะเกิดที่กระแสไฟฟ้าที่ส่งออกระบบจะมีค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงมาก ด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโหลดเชิงเส้นในอีกเซอร์กิตเบรกเกอร์หนึ่งเกิดขึ้นเล็กน้อยคือ เกิดแรงดันตกลงเล็กน้อย ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.14 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ และโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	225.72	225.72	225.72	225.72	-	224.95	224.95	224.95	224.95	224.95
I (A)	0.54	2.61	2.19	2.19	-	1.84	2.62	3.65	2.20	1.91
S (VA)	-123	590	496	496	-	414	591	823	496	429
P (W)	-96	588	496	496	-	145	588	740	496	240
Q (Var)	-16	16	0	0	-	-90	19	-70	496	-70
PF	0.78	0.99	1.00	1.00	-	0.35	0.99	0.90	1.00	0.56
%THDv	1.32	1.32	1.32	1.32	-	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
%THDi	36.26	5.52	1.54	1.54	-	203.61	5.52	47.21	1.55	135.69

กรณีโหลดเชิงเส้น 500 วัตต์ ในช่วงแรกโหลดมีขนาดน้อยกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดพลังงานที่ส่งออกไปสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) และช่วงที่2 โหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) และเกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้นจากการต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโหลดเชิงเส้นในอีกเซอร์กิตเบรกเกอร์หนึ่ง เกิดขึ้นน้อยมาก แรงดันตกลงเล็กน้อย ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 กรณีต่อโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ และชาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	226.53	226.53	226.53	226.53	-	225.93	225.93	225.93	225.93	225.93
I (A)	0.76	2.61	3.35	3.35	-	2.39	2.61	4.71	3.35	1.90
S (VA)	172	592	758	758	-	539	591	1066	758	428
P (W)	164	590	758	758	-	410	590	1000	758	239
Q (Var)	-26	26	0	0	-	-80	10	-66	0	-66
PF	0.95	0.99	1.00	1.00	-	0.76	0.99	0.94	1.00	0.56
%THDv	1.13	1.13	1.13	1.13	-	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
%THDi	25.32	5.52	1.34	1.34	-	80.05	5.66	33.82	1.42	135.68

กรณีโหลดเชิงเส้น 750 วัตต์ โหลดเชิงเส้นและโหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) และเกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้นจากการต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโหลดเชิงเส้นในอีกเซอร์กิตเบรกเกอร์หนึ่ง เกิดขึ้นน้อยมาก แรงดันตกกลางเล็กน้อย ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

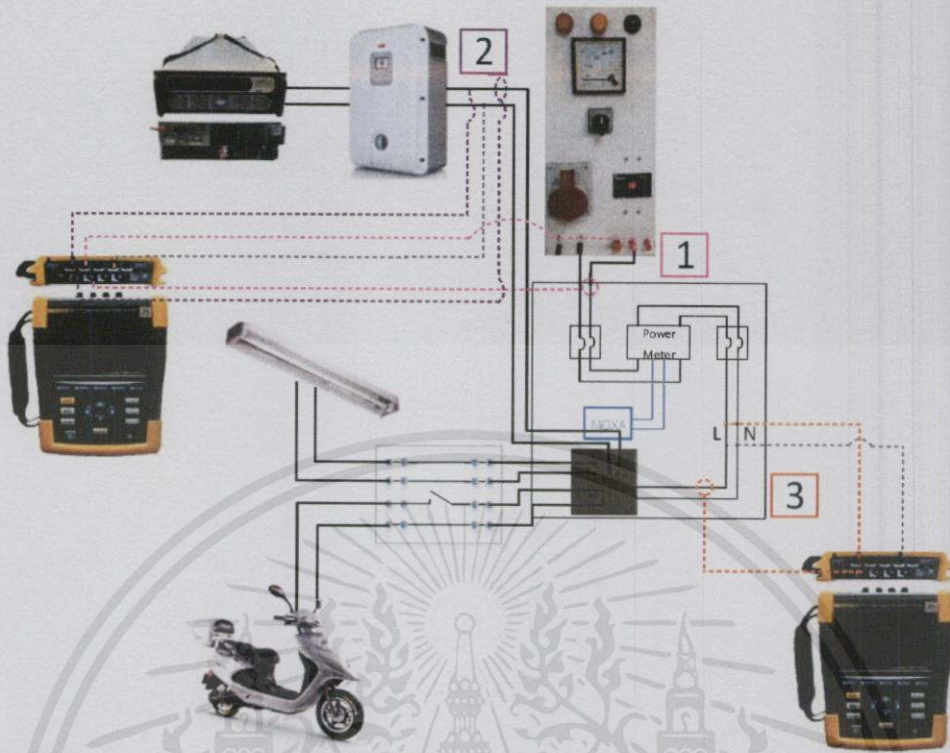
ผลกระทบต่อโหลดเชิงเส้นที่เกิดจากการต่อโหลดรถจักรยานยนต์แบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์พบว่าเกิดผลกระทบน้อยมากเกิดแรงดันตกและความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพียงเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ตาราง พบว่าถ้าเพิ่มขนาดโหลดเชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง ด้านพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่จุดการไฟฟ้า (จุดที่1) ถ้าโหลดมีขนาดเข้าใกล้ขนาดแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะต่ำ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่งออกไปที่การไฟฟ้าลดลง แต่กำลังไฟฟ้าเสมือนมีค่าเท่าเดิม ถ้ากำลังไฟฟ้าของโหลดมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

#### 4.3.4 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2, และ 3 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดไม่เชิงเส้นที่เกิดจากการชาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นของ  
ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

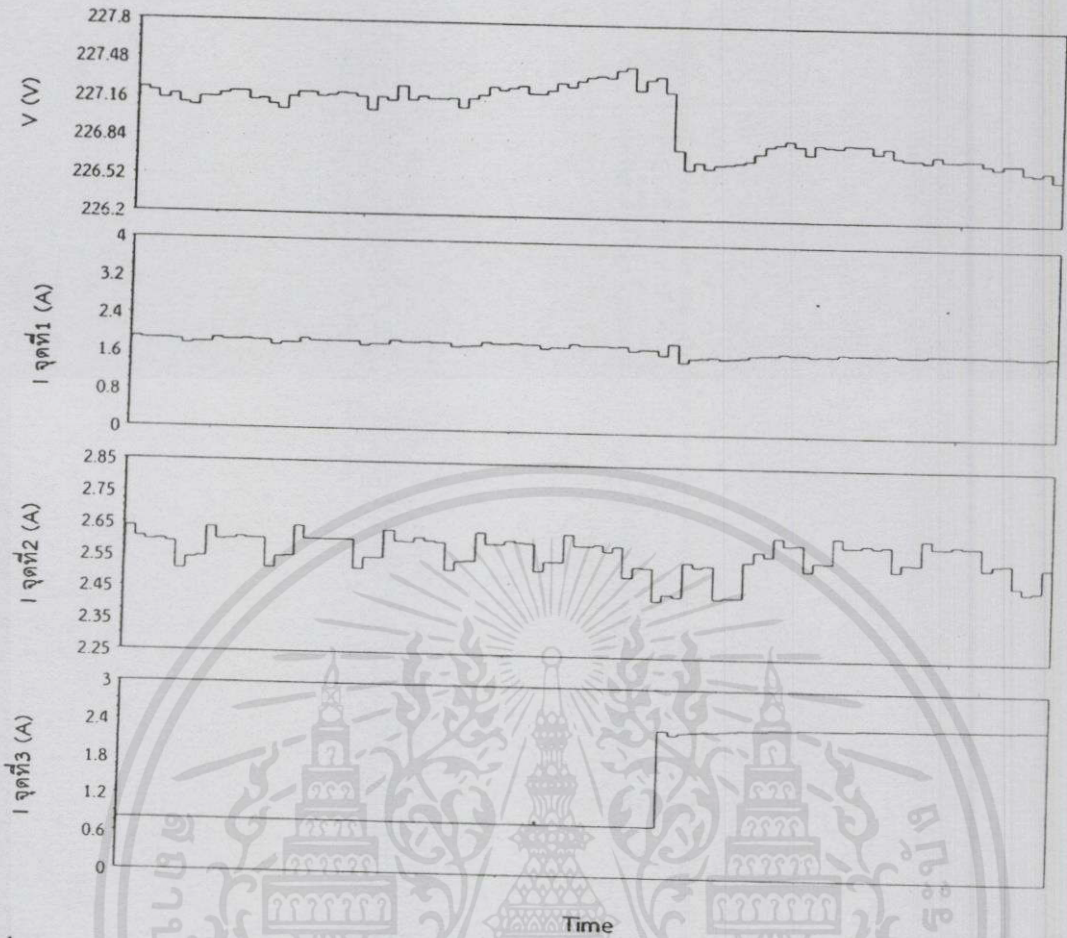


รูปที่ 4.33 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นในเซอร์กิตเบรกเกอร์เดียวกัน (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

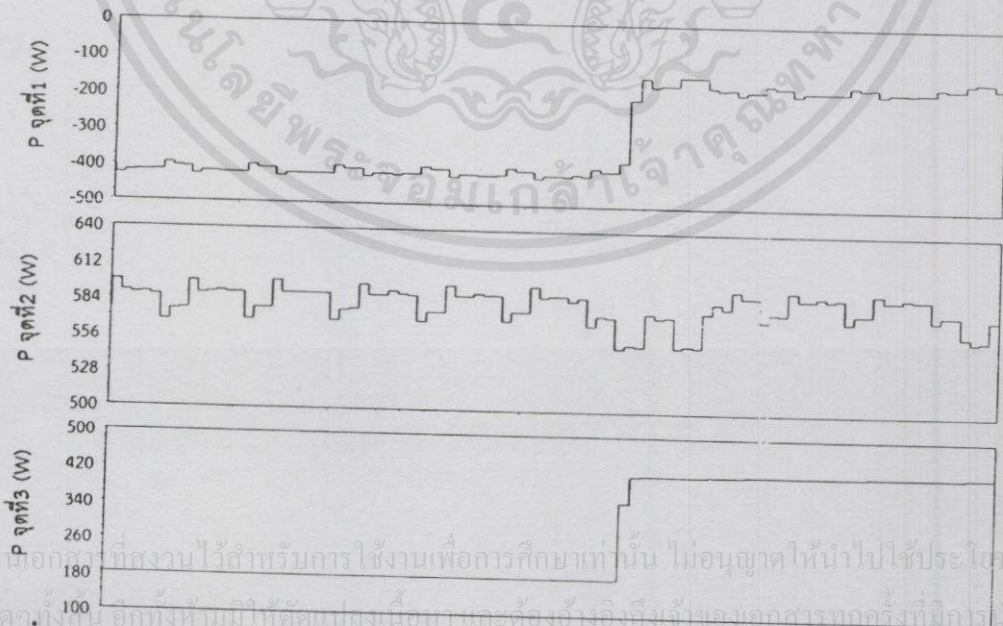
ตารางที่ 4.16 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ และชาร์จจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3
V (V)	227.25	227.25	227.25	226.72	226.72	226.72
I (A)	1.86	2.60	0.81	1.76	2.61	2.41
S (VA)	-422	591	185	-399	592	547
P (W)	-416	589	183	-176	590	419
Q (Var)	-57	30	-24	-116	17	-96
PF	0.99	0.99	0.99	0.44	0.99	0.76
%THDv	1.27	1.27	1.27	1.44	1.44	1.44
%THDi	7.92	5.29	5.20	163.12	5.43	77.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

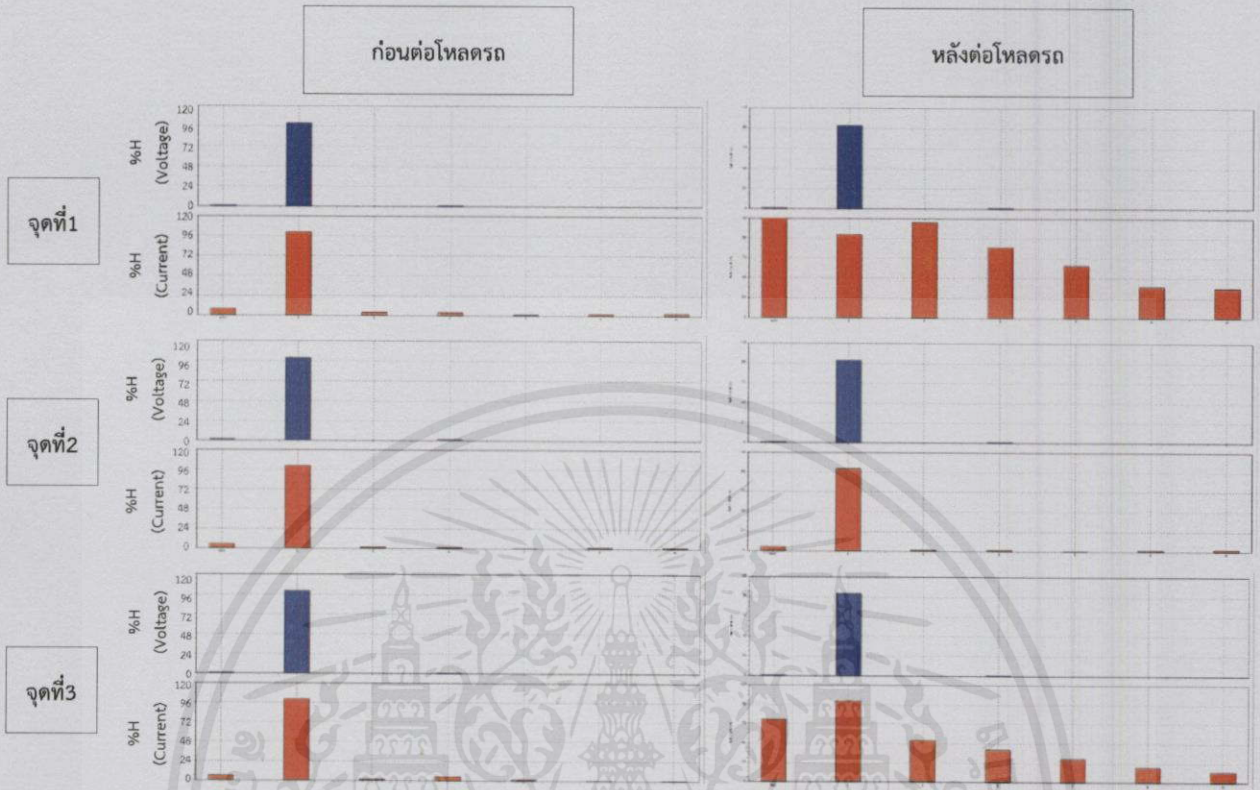


รูปที่ 4.34 กราฟแรงดันและกระแสที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์  
เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)



รูปที่ 4.35 กราฟกำลังไฟฟ้าที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์  
เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ออกและห้องอ้างอิงต้องออกเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 กราฟฮาร์มอนิกที่จุดวัด 1, 2, 3 (โหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ แบบเซอร์กิตเบรกเกอร์  
เดียวกัน และมีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

ตารางที่ 4.17 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 288 วัตต์ และซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์  
ตัวเดียวกัน

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3
V (V)	225.61	225.61	225.61	225.00	225.00	225.00
I (A)	1.37	2.58	1.32	1.31	2.60	2.76
S (VA)	-309	582	297	-379	586	624
P (W)	-297	581	291	-72	584	513
Q (Var)	-61	16	-43	-143	32	-107
PF	0.96	0.99	0.98	0.19	0.99	0.82
%THDv	1.25	1.25	1.25	1.47	1.47	1.47
%THDi	16.37	5.36	13.09	209.45	5.44	63.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 กรณีโหลดเชิงเส้น 168วัตต์ และ 228วัตต์ โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรวมน้อยกว่า 600วัตต์ ทำให้ช่วงก่อนและหลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ามีการส่งพลังงานกลับเข้าสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะเกิดที่กระแสไฟฟ้าที่ส่งออกสู่ระบบจะมีค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงมาก ส่วนค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.18 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 456วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดียวกัน

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า			หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า		
	1	2	3	1	2	3
V (V)	225.70	225.70	225.70	225.16	225.16	225.16
I (A)	0.68	2.57	2.13	1.90	2.59	3.61
S (VA)	-153	580	481	428	583	813
P (W)	-107	578	474	134	581	712
Q (Var)	-92	24	-66	-167	24	-140
PF	0.70	0.99	0.99	0.31	0.99	0.87
%THD <sub>v</sub>	1.17	1.17	1.17	1.38	1.38	1.38
%THD <sub>i</sub>	35.08	5.20	9.12	171.12	5.30	49.65

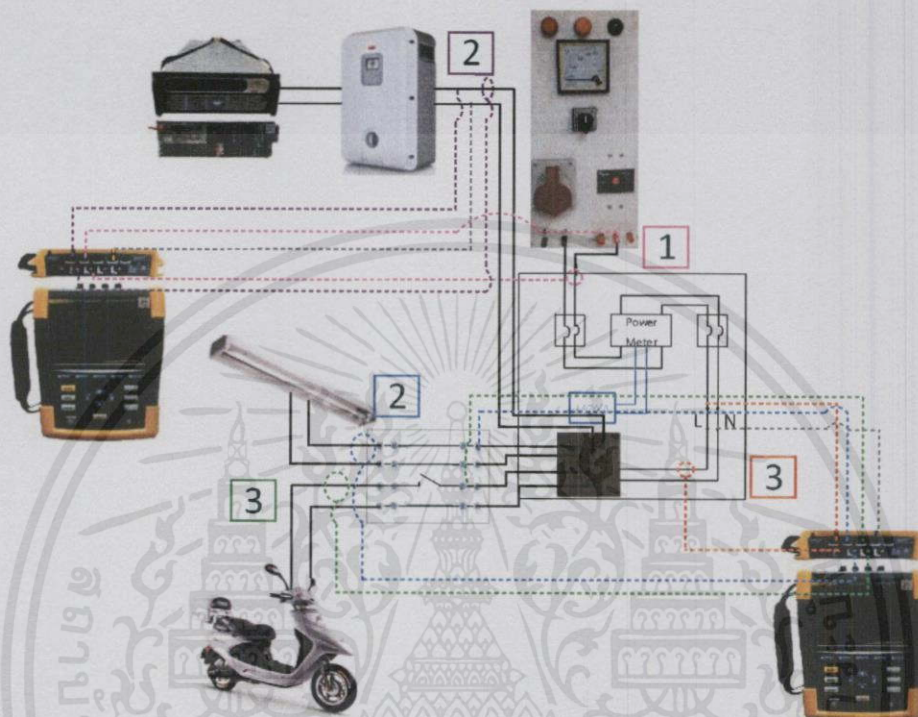
กรณีโหลดเชิงเส้น 436วัตต์ ในช่วงแรกโหลดมีขนาดน้อยกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดพลังงานที่ส่งออกไปสู่การไฟฟ้า (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) และช่วงที่2 โหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ามาช่วยจ่ายโหลด (จุดที่1 กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) และเกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้นจากการต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโหลดเชิงเส้นในอีกเซอร์กิตเบรกเกอร์หนึ่งเกิดขึ้นน้อยมาก แรงดันตกกลางเล็กน้อย ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ตาราง พบว่าถ้าเพิ่มขนาดโหลดไม่เชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง ด้านพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่จุดการไฟฟ้า (จุดที่1) ถ้าโหลดมีขนาดเข้าใกล้ขนาดแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะต่ำ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่งออกไปที่การไฟฟ้าลดลง แต่กำลังฟ้าเสมือนมีค่าเท่าเดิม ถ้ากำลังไฟฟ้าของโหลดมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ ศึกษานั่น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกเมื่อเปรียบเทียบกับโหลดเชิงเส้นจะเห็นว่า โหลดไม่เชิงเส้นจะทำให้เกิดฮาร์มอนิกมากกว่าโหลดเชิงเส้น ทำให้ค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากกว่าโหลดเชิงเส้น

#### 4.3.5 โหลดไม่เชิงเส้นและโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

จะทำการวัดค่าที่จุดที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เพื่อหาผลกระทบที่โหลดไม่เชิงเส้นที่เกิดจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์จากแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 4.37 จุดวัดกรณีโหลดไม่เชิงเส้นแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (มีแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์)

ตารางที่ 4.19 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 168 วัตต์ และชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์

	ก่อนต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
จุดวัด	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	225.09	225.09	225.09	225.09	-	224.66	224.66	224.66	224.66	224.66
I (A)	1.84	2.62	0.817	0.817	-	1.68	2.48	2.48	0.82	1.91
S (VA)	-415	591	184	184	-	-378	592	557	184	429
P (W)	-409	589	182	182	-	-167	590	424	182	239
Q (Var)	-57	30	-24	-24	-	-111	17	-94	-24	-73
PF	0.99	0.99	0.99	0.99	-	0.44	0.99	0.76	0.99	0.56
%THDv	1.23	1.23	1.23	1.23	-	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
%THDi	7.89	5.20	5.15	5.15	-	161.23	5.33	78.89	4.99	136.59

ตารางที่ 4.20 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 288 วัตต์ และชาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิต เบรกเกอร์

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรดจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อโหลดรดจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	226.23	226.23	226.23	226.23	-	225.56	225.56	225.56	225.56	225.56
I (A)	1.36	2.612	1.32	1.32	-	1.52	2.63	2.86	1.31	1.89
S (VA)	-308	591	298	298	-	-344	594	646	297	426
P (W)	-298	590	292	292	-	-62	592	530	291	240
Q (Var)	-73	30	-43	-43	-	-144	32	-112	-42	-72
PF	0.97	0.99	0.98	0.98	-	0.18	0.99	0.82	0.98	0.56
%THDv	1.63	1.63	1.63	1.63	-	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
%THDi	16.24	5.32	13.14	13.14	-	201.50	5.36	64.17	133.84	13.02

ตารางที่ 4.21 กรณีต่อโหลดไม่เชิงเส้น 456 วัตต์ และชาร์จรดจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิต เบรกเกอร์

จุดวัด	ก่อนต่อโหลดรดจักรยานยนต์ไฟฟ้า					หลังต่อโหลดรดจักรยานยนต์ไฟฟ้า				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
V (V)	225.43	225.43	225.43	225.43	-	224.81	224.81	224.81	224.81	224.81
I (A)	0.68	2.58	2.12	2.12	-	1.90	2.61	3.64	2.13	1.90
S (VA)	-153	583	479	479	-	428	587	818	478	427
P (W)	-107	581	473	473	-	134	585	720	472	239
Q (Var)	-92	25	-66	-66	-	-167	28	-136	-66	-73
PF	0.70	0.99	0.99	0.99	-	0.31	0.99	0.88	0.99	0.56
%THDv	1.61	1.61	1.61	1.61	-	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
%THDi	34.70	5.21	8.78	8.78	-	172.32	5.29	48.45	8.78	135.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกรรค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ตาราง พบว่าเมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสฮาร์มอนิกทำให้กระแสไฟฟ้าที่จุดที่ 1 มีค่าผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงขึ้นมาก ถ้าเพิ่มขนาดโหลดเชิงเส้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจะลดลง ด้านพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่จุดการไฟฟ้า (จุดที่ 1) ถ้าโหลดมีขนาดเข้าใกล้ขนาดแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะต่ำ เนื่องจากกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่งออกไปที่การไฟฟ้าลดลง แต่กำลังฟ้าเสมือนมีค่าเท่าเดิม ถ้ากำลังไฟฟ้าของโหลดมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ พาวเวอร์แฟกเตอร์จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีต่อโหลดรถจักรยานไฟฟ้าในเบรกเกอร์เดียวกัน ทั้งสองกรณีได้ผลที่ใกล้เคียงกัน

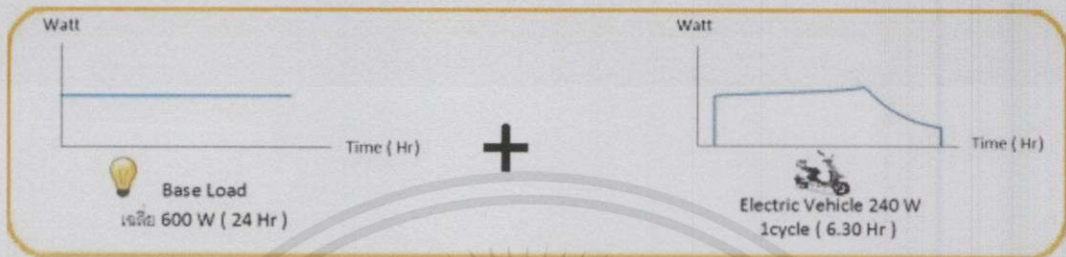


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การคำนวณค่าไฟ

### 4.4.1 อัตราปกติแบบก้าวหน้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

โดยกำหนดให้มีโหลดฐานเฉลี่ย 600วัตต์ตลอดทั้งวัน แล้วทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป เพื่อไปคำนวณค่าไฟฟ้า แล้วนำไปเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ



รูปที่ 4.38 ภาระทางไฟฟ้า 600วัตต์ และยานพาหนะไฟฟ้า 240วัตต์

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าพลังงาน = 474.3 หน่วย / เดือน

อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = 58.96 สตางค์ / หน่วย

#### ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

##### 1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 – 150) = 414.42 บาท

250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400) = 934.05 บาท

เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) = 292.45 บาท

รวม = 1,640.92 บาท

1.2 ค่าบริการ = 38.22 บาท

รวมค่าไฟฟ้าฐาน = 1,679.14 บาท

#### ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร ( Ft )

จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า Ft = 279.65 บาท

#### ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

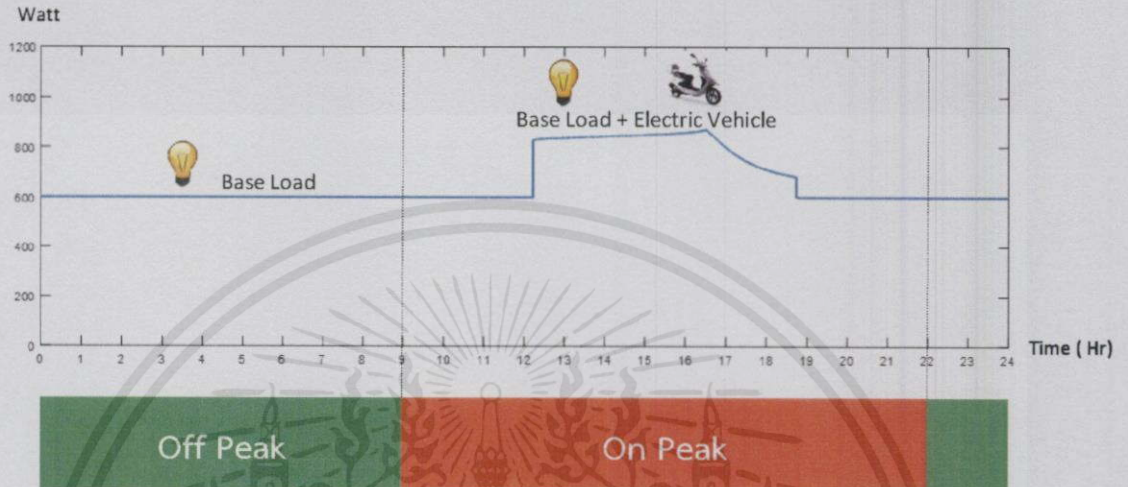
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) x 7/100 = 137.12 บาท

รวมเงินค่าไฟฟ้า = 2,095.90 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 อัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย เมื่อต่อ โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak)

โดยกำหนดให้มีโหลดฐานเฉลี่ย 600วัตต์ตลอดทั้งวัน แล้วทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปในช่วงเวลากลางวัน (เริ่มชาร์จตอน 12.00น.)



รูปที่ 4.39 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak)

มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak	=	276.3	หน่วย/เดือน
มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา Off Peak	=	198	หน่วย/เดือน
อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)	=	58.96	สตางค์/หน่วย

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\text{รวม} = 1,887.56 \text{ บาท}$$

1.2 ค่าบริการ

$$= 38.22 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมค่าไฟฟ้าฐาน} = 1,925.78 \text{ บาท}$$

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร ( $F_t$ )

$$\text{จำนวนพลังงานไฟฟ้า} \times \text{ค่า } F_t = 279.65 \text{ บาท}$$

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

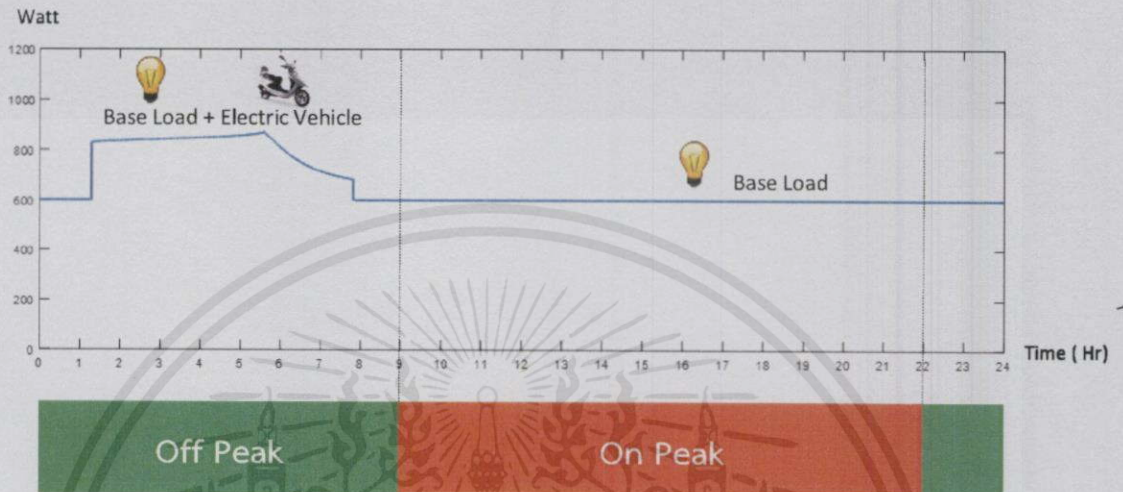
$$(\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่า } F_t) \times 7/100 = 154.38 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมเงินค่าไฟฟ้า} = 2,359.80 \text{ บาท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 อัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย เมื่อต่อ โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)

โดยกำหนดให้มีโหลดฐานเฉลี่ย 600วัตต์ตลอดทั้งวัน แล้วทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปในช่วงเวลากลางคืน (เริ่มชาร์จตอน 1.00น.)



รูปที่ 4.40 โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)

มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak = 240.3 หน่วย /เดือน

มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลา Off Peak = 234 หน่วย /เดือน

อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = 58.96 สตางค์/หน่วย

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

รวม = 1,776.51 บาท

1.2 ค่าบริการ = 38.22 บาท

รวมค่าไฟฟ้าฐาน = 1,814.73 บาท

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (  $F_t$  )

จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า  $F_t$  = 279.65 บาท

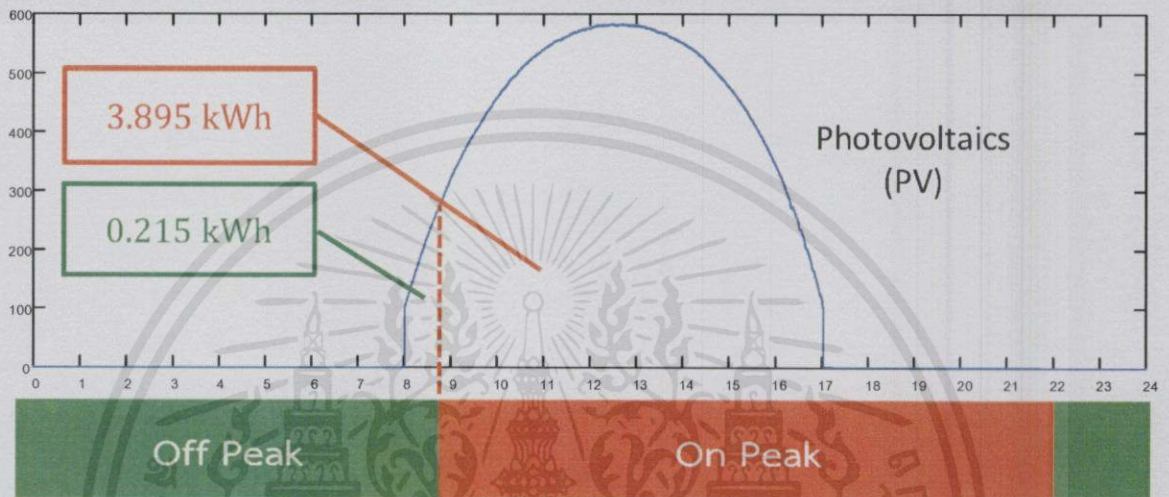
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า  $F_t$ ) x 7/100 = 146.61 บาท

รวมเงินค่าไฟฟ้า = 2,240.98 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 อัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย เมื่อต่อ โหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ 600วัตต์ โดยกำหนดให้มีโหลดฐานเฉลี่ย 600วัตต์ตลอดทั้งวัน แล้วทำการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปในช่วงเวลากลางวัน (เริ่มชาร์จตอน 12.00น.) และนำแหล่งจ่ายจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600วัตต์มาช่วยจ่ายไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 กราฟกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์ ในหนึ่งวัน

เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) 600วัตต์ ช่วยจ่ายพลังงานให้กับระบบไฟฟ้าในช่วงช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On peak) เฉลี่ย 3.895 หน่วย/วัน หรือ 116.85 หน่วย/เดือน และช่วยจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าในช่วงช่วงความต้องการไฟฟ้าน้อย (Off peak) เฉลี่ย 0.215 หน่วย/วัน หรือ 6.45 หน่วย/เดือน

$$\begin{aligned} \text{มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลาช่วงความต้องการไฟฟ้าน้อย} &= 276.3 - 116.85 \\ &= 159.45 \text{ หน่วย/เดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเวลาช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง} &= 198 - 6.45 \\ &= 191.55 \text{ หน่วย /เดือน} \end{aligned}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)} = 58.96 \text{ สตางค์ / หน่วย(ของเดือน พฤษภาคม 2558)}$$

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\text{รวม} = 1,257.98 \text{ บาท}$$

1.2 ค่าบริการ = 38.22 บาท

$$\text{รวมค่าไฟฟ้าฐาน} = 1,296.20 \text{ บาท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร ( $F_t$ )

$$\text{จำนวนพลังงานไฟฟ้า} \times \text{ค่า } F_t = 206.95 \text{ บาท}$$

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

$$(\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่า } F_t) \times 7/100 = 105.22 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมเงินค่าไฟฟ้า} = 1,608.37 \text{ บาท}$$

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบการคิดค่าไฟประเภทต่างๆ

	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
อัตราปกติ (แบบก้าวหน้า) เมื่อซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า	2,095.90
อัตรา TOU เมื่อซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak)	2,359.80
อัตรา TOU เมื่อซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak)	2,240.98
อัตรา TOU เมื่อซาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และต่อร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์	1,608.37

บ้านอยู่อาศัยที่มีพฤติกรรมการใช้งานในช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำมากกว่า ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง จะมีค่าไฟที่ถูกกว่าแบบอัตราปกติและถ้ามีเซลล์แสงอาทิตย์มาช่วยจ่ายไฟฟ้า จะได้ค่าไฟฟ้าไฟฟ้าที่ถูกที่สุด เมื่อเทียบกับแบบไม่มีเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีค่าไฟลดลงถึง 31.84 %)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า เพื่อศึกษาปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า เนื่องจากราคาน้ำมันมีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว หากเปรียบเทียบกับราคาพลังงานไฟฟ้าแล้ว ก็จะพบว่าราคาพลังงานไฟฟ้ามีราคาที่ถูกกว่าอย่างเห็นได้ชัด จึงได้มีการค้นคว้าและพัฒนาแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง และนอกเหนือไปกว่านั้นคือยานพาหนะไฟฟ้ามีมลพิษทางสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ายานพาหนะที่ใช้ น้ำมัน ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาค้นคว้า วิจัย ถึงพฤติกรรมของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า เพื่อหาวิธีการป้องกันและแก้ปัญหาเมื่อเกิดผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า ทั้งในแง่ของผู้ใช้ไฟฟ้า และการไฟฟ้า นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลกระทบค่าไฟฟ้าจากอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เพื่อที่จะช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลดลง และผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้ประโยชน์จากการจ่ายไฟฟ้าที่ลดลง โดยการนำพลังงานทดแทนมาช่วยจ่ายในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง

จากที่กล่าวมาทำให้เห็นความสำคัญของปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า ปริญญานิพนธ์นี้จึงได้มีการจำลองพฤติกรรมของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า รวมทั้งภาระทางไฟฟ้าที่เป็นเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น ภายในวงจรเดียวกัน และวงจรอื่นข้างเคียง ในค่าภาระทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะครอบคลุมถึงปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า โดยการจำลองพฤติกรรมชาร์จนี้จะนำมาเปรียบเทียบกับเพื่อให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดขึ้น

การจำลองพฤติกรรมของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า โดยปกติแล้วการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า จะมีค่ากระแสฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นสูง โดยเฉพาะฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 และ 5 ส่งผลให้กระแสมีความผิดเพี้ยนจากรูปคลื่นไซน์มาก โดยกระแสฮาร์มอนิกนี้จะส่งผลกับอุปกรณ์ไฟฟ้าข้างเคียง แต่จะจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือน 70 วาร์ และกำลังไฟฟ้าปรากฏที่วัดได้ มีค่าไม่เท่ากับขนาดผลรวมของเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าจริงกับเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าเสมือน เนื่องจากฮาร์มอนิกที่สูง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าปรากฏมีค่าสูงขึ้น

ในกรณีที่ภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้น และภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้น ในขณะที่กำลังจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติ แล้วมีการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป ผลการทดลองที่ได้นั้นมีค่าคล้ายกันคือ เกิดแรงดันตกเล็กน้อย ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าลดลง แต่ค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแส ของภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้นมีค่าสูงกว่าภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้น เนื่องจากภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้น ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ต่ออยู่ ซึ่งแสดงคุณสมบัติเป็นความเหนี่ยวนำส่งผลให้เกิดปัญหาฮาร์มอนิกขึ้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจึงมากกว่าภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้น

ในกรณีที่ซาร์จยานพาหนะไฟฟ้าภายในวงจรเดียวกันและแยกวงจร กับภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้น และภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นในวงจรเดียวกันจะมีค่าฮาร์มอนิก และค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแส สูงกว่าในกรณีแยกวงจรไฟฟ้ากัน ซึ่งจะมีผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าข้างเคียงอย่างมาก อาจจะทำให้อุปกรณ์ข้างเคียงมีการทำงานผิดพลาดหรือเกิดการชำรุดเสียหายได้

ในกรณีที่มีพลังงานทดแทนในที่นี้คือเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof) มาช่วยจ่ายไฟฟ้า ถ้าผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าพลังงานที่ต้องการใช้ในขณะนั้น จะมีการส่งไฟฟ้าคืนกลับให้การไฟฟ้า ด้วยแรงดันและกระแสที่มีความผิดเพี้ยนนั้นจะส่งผลกระทบต่อกรไฟฟ้าโดยตรง

ซึ่งในด้านของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย การคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) จะไม่นำค่าความต้องการสูงสุดมาคำนวณ แต่ในความเป็นจริงแล้วมีค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อกรไฟฟ้าโดยตรง และถ้าในอนาคตมีการขยายธุรกิจเพิ่มเติม ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนั้นต้องนำมาคำนวณด้วย เพราะการคำนวณแบบประเภทบ้านอยู่อาศัยกับประเภทอื่นนั้นต่างกัน ดังนั้นจึงควรติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดบนหลังคา ช่วยลดค่าความต้องการสูงสุดนี้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรซาร์จยานพาหนะไฟฟ้าแบบแยกวงจรรกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน เนื่องจากการเกิดผลกระทบโดยตรงต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าข้างเคียง
2. การใช้พลังงานทดแทนมาช่วยจ่ายไฟฟ้า หรือในที่นี้คือพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา ควรเลือกขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานและภาระไฟฟ้าพื้นฐานที่มีภายในบ้าน เพื่อให้คุ้มกับการลงทุนและในกรณีที่จ่ายได้น้อยไป อาจจะไม่คุ้มกับการลงทุนและค่าดูแลรักษา หรือในกรณีที่จ่ายมากไป พลังงานส่วนนี้ก็อาจจะจ่ายกลับคืนสู่กรไฟฟ้าไม่เกิดประโยชน์กับฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้า
3. ควรเลือกใช้อัตราการคำนวณค่าไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสถานที่นั้น เช่น ถ้าสามารถแบ่งใช้ได้ตามช่วงเวลาควรจะใช้อัตราการคิดค่าไฟฟ้าแบบ TOU เพราะจะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่า โดยสามารถดูช่วงเวลาการใช้งานได้ในเว็บไซต์ของการไฟฟ้า เพราะค่าการคำนวณมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทุกเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคำนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] "The peak oil debate, 2020 vision," Timekeeper, Available at: <http://www.economist.com/node/15065719>, December 2009.
- [2] "International Energy Outlook 2014," U.S. Energy Information Administration," from <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm>, September 2014.
- [3] Terry Macalister, "US military warns oil output may dip causing massive shortages by 2015," The Guardian, Available at: <http://www.theguardian.com/business/2010/apr/11/peak-oil-production-supply>, April 2010.
- [4] J.T. Barrett, Demand, "The Difference Between Gas and Hybrid Vehicles," Hearst Seattle Media, Available at: <http://education.seattlepi.com/difference-between-gas-hybrid-vehicles-3913.html>.
- [5] Josh Goldman, "Comparing Electric Vehicles: Hybrid vs. BEV vs. PHEV vs. FCEV," Union of Concerned Scientists, Available at: <http://blog.ucsusa.org/comparing-electric-vehicles-hybrid-vs-bev-vs-phev-vs-fcev-411>, February 2014.
- [6] Ms. Sararat Boonsong, "Technology and Society at the car of the future," Faculty of Science and Engineering, University. Memorial Campus. Province, 2013.
- [7] Byrne, J.V., "Compatible controller-motor system for battery-electric vehicle," Electrical Engineers, Proceedings of the Institution of, Vol.117, No.2, 1970, page(s): 369-376.
- [8] Doug Demuro, "Should You Buy an Electric Vehicle or a Plug-In Hybrid?," Autotrader, Available at :<http://www.autotrader.com/research/article/car-tips/223714/should-you-buy-an-electric-vehicle-or-a-plug-in-hybrid.jsp>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] "The 5 Most Popular Electric Cars for Sale and How to Buy One for the Cheapest Price," Electric Cars, Available at : <http://www.carsdirect.com/green-cars/electric-cars-advantages-and-disadvantages>.

[10] Motohiko Hamada, "New Rechargeable Cell Has 7 Times Higher Energy Density Than Li-ion Cells," 2014

[11] ศ. นักรสิทธิ์ คุ้มวัฒนาชัย. รถไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า (Hybrid and Electric Cars). ประชาคมวิจัย, ฉบับที่ 12. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.carsdirect.com/green-cars/electric-cars-advantages-and-disadvantages>

[12] Shinichi Kato, "Energis, Nissan to Test Demand Response Using EV," Nikkei BP CleanTech Institute, 2014.

[13] Ferreira, J.C., "Simulation of Electrical Distributed Energy Resources for Electrical Vehicles Charging Process Strategy," Social Simulation (BWSS), 2010 Second Brazilian Workshop on, page(s): 82-89.

[14] การไฟฟ้านครหลวง. กฟน. ขยายสถานีชาร์จไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าทั่วเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล พร้อมเดินหน้าศึกษาเทคโนโลยีเครื่องชาร์จไฟฟ้า รองรับการใช้งานในอนาคต. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.mea.or.th/content/detail.php?mid=87&did=1101&tid&pid>

[15] Barbato, A. "A power scheduling game for reducing the peak demand of residential users," Online Conference on Green Communications (GreenCom), 2013 IEEE, Page(s): 137-142

[16] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ และศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กริดอัจฉริยะและพลังงานหมุนเวียน (Smart Grid & Renewable Energy).

[17] การไฟฟ้านครหลวง. 2556. กฟน. ร่วมโชว์เทคโนโลยีสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า รองรับการใช้ EV-การค้า CAR ในงาน Thailand Engineering Expo 2013. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.mea.or.th/content/detail.php?mid=87&did=960&tid&pid>

[18] Papadopoulos, P., "Predicting Electric Vehicle impacts on residential distribution networks with Distributed Generation," Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2010 IEEE, 2010, On page(s): 1-5.

[19] Brian Cunningham, "VEHICLE TECHNOLOGIES OFFICE: BATTERIES," U.S. Department of Energy, from <http://energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office-batteries>.

[20] Rahman, S. and Shrestha, G.B., "An investigation into the impact of electric vehicle load on the electric utility distribution system," Power Delivery, IEEE Transactions on (Volume:8 , Issue: 2), 1993, On page(s): 591-597.

[21] Rutherford, M.J., "The impact of Electric Vehicle battery charging on distribution transformers," Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2011 Twenty-Sixth Annual IEEE, 2011, On page(s): 396-400.

[22] Rahmani-andebili , "Intelligent implementation of TOU (Time-of-Use) program," Electrical Power Distribution Networks (EPDC), 2012 Proceedings of 17th Conference, On page(s): 1-6.

[23] Solar Cell : โซลาร์เซลล์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://watkhaothum03.blogspot.com/2010/08/solar-cell.html>

[24] ศักดิ์ชัย นรสิงห์. คุณภาพกำลังไฟฟ้า POWER QUALITY. แผนกวิจัยระบบจำหน่ายกองวิจัย ฝ่ายพัฒนาระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

[25] Gonzalo Sandoval "Power Factor in Electrical Power Systems with Non-Linear Loads," Available at : [http://www.apqpower.com/assets/files/PF\\_nonlinearloads.pdf](http://www.apqpower.com/assets/files/PF_nonlinearloads.pdf).

[26] การไฟฟ้านครหลวง. 2555. อัตราค่าไฟประเภทต่างๆ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=111&pid=109>.

เอกสารนี้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[27] "Solar Roof Available," Advanced Solar power co. ltd, Available at : <http://www.chiangraigreenpower.com/>.

[28] กนกพร จันทรสีทิต. การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ Inverter. (ออนไลน์).  
แหล่งที่มา : <http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/inverter/>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก  
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.1 แบตเตอรี่

เซลล์แบตเตอรี่มีส่วนประกอบคือแผ่นธาตุบวก,แผ่นธาตุลบ และสารละลาย "อิเล็กโทรไลต์" ในเซลล์แบตเตอรี่หนึ่งลูกอาจจะมีแผ่นธาตุบวกและธาตุลบหลายชุดๆ วางขนานกันเพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงขึ้น ค่าความจุของแบตเตอรี่มีหน่วยวัดเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Amperehour;Ah) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. แบตเตอรี่ชนิดปฐมภูมิ -เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ได้งานได้ครั้งเดียวไม่สามารถทำกลับมาใช้ได้อีก ทำมาจาก สังกะสี-คาร์บอน พรอท และลิเทียม

2.แบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิ -เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วสามารถชาร์จเพื่อนำมาใช้งานต่อได้ ทำมาจาก ตะกั่ว-กรด นิกเกิล แคดเมียม และอัลคาไลน์แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้แบบทุติยภูมิ

#### 2.1.2 การประจุไฟให้แบตเตอรี่

1. หลักการอัดประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ของเครื่องประจุแบตเตอรี่เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ใช้อัดแบตเตอรี่จะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยจะมีค่าระดับแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในตอนชาร์จแบตเตอรี่ การต่อขั้วจะต่อขั้วบวกของเครื่องประจุแบตเตอรี่เข้ากับขั้วบวกของตัวแบตเตอรี่ โดยกระแสที่ตอนชาร์จจะมีทิศตรงกันข้ามกับตอนแบตเตอรี่ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูป 2.1



รูปที่ ก.1 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในการอัดประจุไฟฟ้า

โดยที่  $E$  คือ แรงดันที่ทำการอัดประจุ

$E_e$  คือ แรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่

$R_f$  คือ ความต้านทานภายในแบตเตอรี่

$I$  คือ กระแสในการประจุแบตเตอรี่

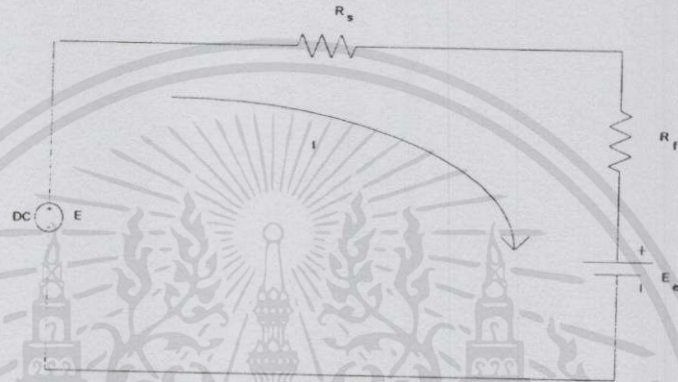
เอกสารนี้ในวงจรถวายได้สมการไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปใช้และนำอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = E_e + IR_f$$

$$I = \frac{(E - E_e)}{R_f}$$

ถ้าหากแรงดันแบตเตอรี่มีแรงดันเท่ากับแรงดันตัวอัดประจุ จะไม่มีการชาร์จเกิดขึ้นในวงจร ถ้าแรงดันแบตเตอรี่มีแรงดันต่ำกว่าจะมีกระแสไหลเพื่อไปอัดประจุให้แบตเตอรี่ ในทางกลับกันถ้าแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่มีแรงดันสูงกว่ากระแสประจุจะย้อนออกจากแบตเตอรี่ ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่จะมีค่าน้อยมากโดยมีค่าหน่วยเป็นโอห์ม โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงขณะที่มีการประจุแบตเตอรี่ โดยมีผลต่อปริมาณกระแสไฟฟ้าว่ามาหรือน้อย ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้ามีค่ามากกว่าที่แบตเตอรี่จะทนได้ จะส่งผลต่อระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ซึ่งจะทำให้เสื่อมลง การลดปริมาณกระแสประจุนี้จะทำได้โดยการต่อความต้านทานอนุกรมเข้าไป ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ ก.2 วงจรที่มีความต้านทานต่ออนุกรมเพื่อจำกัดกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ ก.2 เราจะหาค่าความต้านทานจำกัดกระแสได้จากสมการ

$$I = \frac{(E - E_e)}{R_f}$$

แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ อัตราการอัดหรือคายประจุจะขึ้นกับความจุของแบตเตอรี่ โดยพิกัดกระแสอัดประจุแบตเตอรี่จะบอกไว้เป็นชั่วโมง ดังนั้นค่ากระแสหาได้จากค่าความจุมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) ทหารด้วยจำนวนชั่วโมง แต่ค่าระหว่างกระแส กับ ชั่วโมงจะไม่แปรผันตรงกันตลอด เนื่องจากหากมีกระแสไฟฟ้าปริมาณมากจะทำให้ค่าพลังงานที่ได้น้อยลงตามคุณสมบัติการจ่ายประจุแบตเตอรี่ (Rate of discharge)

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปขณะชาร์จมีค่าดังต่อไปนี้

$$P = I^2 R_f$$

โดย

$P$  คือ กำลังสูญเสียในแบตเตอรี่

$I$  คือ กระแสไฟฟ้าขณะอัดประจุ

$R_f$  คือ ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษานั่น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ลงบนสื่อออนไลน์ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าขณะชาร์จสูงจะมี ค่าความสูญเสียมาก โดยจะมีผลทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ถ้าความร้อนสูงมากจะมีผลต่ออายุการใช้งานของ แบตเตอรี่นั่นเอง

การใช้และเก็บแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถจักรยานไฟฟ้าซึ่งเป็นแบบตะกั่วกรดจะไม่มีค่าการจำค่าแบตเตอรี่ ก่อนการชาร์จว่าเหลือเท่าไรหรือ เมมโมรี่เอฟเฟค(Memory Effect) ซึ่งเป็นของแบตเตอรี่แบบนิกเกิล แคดเมียม ถ้าแบตเตอรี่มีประจุใกล้เต็มการนำไปชาร์จกระแสต่ำๆ จะไม่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ และไม่ควรใช้แบตเตอรี่คายประจุจนใกล้จะหมด เนื่องจากจะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุ ลดลงและทำให้อายุการใช้งานลดลงด้วย ดังนั้นหากจำเป็นต้องใช้งานจดหมดบ่อยๆ จึงควรเลือก แบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุใหญ่มากกว่าเดิม (แอมป์ชั่วโมงมากขึ้น)

หากทิ้งแบตเตอรี่ตะกั่วกรดไว้เป็นเวลานานๆ แบตเตอรี่จะมีการคายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge) ถ้าไม่ชาร์จเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่ แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีผลให้แบตเตอรี่มีความสามารถในการจ่ายโหลดได้ น้อยลง ในกรณีร้ายแรงหากผลึกเกิดทำให้กระแสลัดวงจรภายในก็เป็นได้ การชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว กรดทั่วไปใช้เวลา 8-16 ชั่วโมงขึ้นกับขนาดความจุ

อัตราการคายประจุ

อัตราการคายประจุเรียกว่า ซีเรทของแบตเตอรี่ ซึ่งไม่ควรเกิน 0.2 C หรือ 20% ของ ความจุ ถ้าหากอัตราการดิสชาร์จมากขึ้นจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพซึ่งจะลดลง ดังนั้นหากอยาก ให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอายุการใช้งานนานๆจึงควรชาร์จก่อนแบตเตอรี่จะหมด

อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 25 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 8 องศา องศาเซลเซียสจะทำให้อายุการใช้งานลดลงถึงครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้แบตเตอรี่สามารถเก็บประจุได้ น้อยลง โดยความจุจะลดลง 50% ในทุกๆอุณหภูมิที่ต่ำลง 12 องศาเซลเซียส

หากเปรียบเทียบแบตเตอรี่ชนิดใหม่กับแบบตะกั่วกรดแล้วจะเห็นความแตกต่างใน การเก็บประจุซึ่งตะกั่วกรดจะน้อยกว่าหากเทียบกับน้ำหนักรวม จึงไม่เหมาะแก่การนำมาทำอุปกรณ์พกพา แต่เนื่องจากราคาต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำและนิยมนำมาใช้กับแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก

2.2.3 ข้อควรระวัง

1. อย่าใช้แบตเตอรี่ในการจ่ายกระแสเกินความจุเนื่องจากแบตเตอรี่จะเสื่อม
2. อย่าประจุไฟแบตเตอรี่มากเกินไป ควรประจุให้เหมาะสม
3. อย่าให้อุณหภูมิอิเล็กทรอนิกส์หรือหลอดสูงเกิน 50 องศาเซลเซียส
4. ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อปลั๊กของแบตเตอรี่กับปลั๊กของ ชาร์จเจอร์ว่าถูกขันแน่นหรือไม่
5. ห้ามถอดปลั๊กเมื่อมีการ On Charger
6. ถอดปลั๊กออกทุกครั้งเมื่อเลิกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง

## ก.2 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด

แบตเตอรี่ตะกั่วกรดเป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ที่เก่าแก่ที่สุดในบรรดาแบตเตอรี่ที่ประดิษฐ์ขึ้นมา เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้า และในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ (Capacity) สูง ๆ ที่ให้กระแสได้มาก เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น ๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และยานพาหนะต่างๆ รถยกไฟฟ้า, รถเข็น, สกู๊ตเตอร์, รถกอล์ฟ, ระบบสำรองไฟฟ้าและระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน



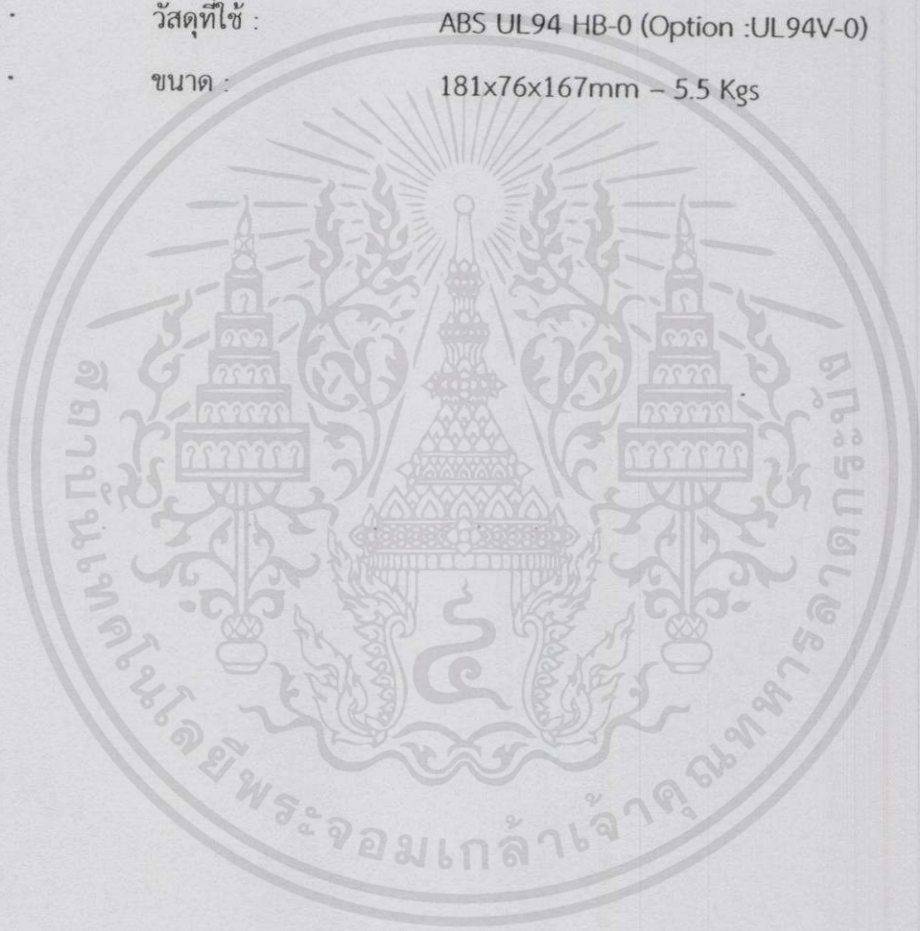
รูปที่ ก.3 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด Chuphotic UB1221-750W  
(ที่มา : [http://chuphotic.com/products-en.asp?category\\_id=36](http://chuphotic.com/products-en.asp?category_id=36))

ในการทดลองใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด Chuphotic UB1221-750W โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- แรงดันปกติ : 12 VDC ใน 6 เซลล์
- ความจุที่ 20 ชั่วโมง : 21 Ah ที่ 0.96 A/12 W
- ความจุที่ 5 ชั่วโมง : 17 Ah ที่ 3.29 A/38 W
- ความจุที่ 1 ชั่วโมง : 12.6 Ah ที่ 12.2 A/135 W
- ความจุที่ 15 นาที : 9.2 Ah ที่ 36 A/410 W (\*UPS)
- ความจุที่ 5 นาที : 6.0 Ah ที่ 67 A/750 W (\*UPS)
- กระแสไฟฟ้าเมื่อปล่อยประจุหมด : 300 A ที่ 14C
- กระแสไฟฟ้าเมื่อประจุเต็ม : 6.0 A ที่ 0.3C
- ค่าความต้านทานภายใน : ประมาณ 15 mΩ ประจุไฟเต็มที่ 25°C
- อายุการใช้งานตามที่ออกแบบ : 5 ปี ที่ 25 °C
- วงจรการใช้งาน : 1500 รอบ ที่ DOD 25%
- Float Charge Voltage : 14.4-15.0V (-30mV/°C) ที่ 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ขออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อควรระวังเนื้อหาและต้องอ้างอิงข้อมูลทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cycle Charge Voltage : 13.5-13.8V (-20mV/°C) ที่ 25°C
- ช่วงอุณหภูมิการทำงาน : Normal 25+/-3 °C  
: Discharge -15 – 50 °C  
: Charge -15 – 50 °C  
: Storage -15 – 50 °C
- Self-Discharge : มากกว่า 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 25°C
- Terminal : T12-M5
- วัสดุที่ใช้ : ABS UL94 HB-0 (Option :UL94V-0)
- ขนาด : 181x76x167mm – 5.5 Kgs



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.3 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ ก-4 รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า Toyotron รุ่น DRAGON-G SUPER

#### ข้อมูลทั่วไป

Length x width x height:	1820/660/1070
Weight :	85 kilogram
Riding Slope:	30 Degree
Top speed:	65 km/hour
Distance Per charge:	60-80 Kilometers
Motor capacity:	> 1,000 Watts
Controller:	60 V 30 A
Battery (Lead acid):	60 V 24 Ah
Energy Consumption:	0.07 Bath/km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การศึกษาผลกระทบจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยที่มีระบบพลังงานทดแทน

## THE STUDY OF IMPACT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING IN HOUSEHOLD WITH RENEWABLE ENERGY SYSTEM

รศ.ดร.ทศพร ศิริสุข โภคา ธีรจิรา วีระเลิศฤทธิชัย ธีรภัทร สมประเสริฐศักดิ์ และธีระรัฐ ศรีศาสวัสดิกุล  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอยฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

E-Mail: s.thanatpong@gmail.com, mightypimmyl@gmail.com, teevallol@gmail.com, pharkung\_b@windowslive.com

### บทคัดย่อ

ปัญหานี้เป็นการนำเสนอการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลกระทบทางไฟฟ้าที่อาจเกิดขึ้นเมื่อมีการชาร์จรถไฟฟ้าในภาคครัวเรือน ในอนาคตจำนวนการใช้ยานพาหนะไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อระบบไฟฟ้าทั้งในด้านของผู้ใช้ไฟฟ้าและการไฟฟ้า โดยได้สมมติกรณีต่างๆ ของการชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า เช่น มีการชาร์จไฟฟ้านอกบ้านคือนางจรเดียวกันหรือในวงจรใกล้เคียง เพื่อความแตกต่างและจำลองสถานการณ์เมื่อมีการใช้งานจริงแล้วหาวิธีการแก้ปัญหาเมื่อเกิดผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า กลุ่มผู้วิจัยจึงได้หาวิธีลดค่าความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก โดยการ ใช้การคำนวณอัตราค่าช่วงเวลาของการใช้ ร่วมกับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยจ่ายแทนไฟฟ้าที่รับมาจากการไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าลงไปได้

คำสำคัญ: ยานพาหนะไฟฟ้า, ผลกระทบ, อัตราค่าช่วงเวลาของการใช้

### Abstract

This project presents a study of the impacts of electric vehicles charging. To study of power quality problems which may occur when charging electric vehicles. Due to a large load is added, that will affect the electrical system, in terms of customers and substation. In this experiment, we imitated the situations to cover each cases of power quality problems when charging the electric motorcycle within same circuit, or within dedicated circuit to compare the various issues in the household. Then, find solution on the affected system to prevent negative impact on power system. We also needs to find the ways to reduce the peak demand during the on-peak in TOU rates calculation along with the renewable energy. This will enable customers to save on high electricity cost

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิง

Keyword: Electric vehicles, Effect, TOU

### 1. บทนำ

ในปัจจุบัน โลกมีอัตราการบริโภคน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณ 1.6% ทุกปี แต่กำลังการผลิตน้ำมันกลับกำลังถึงขีดจำกัด จึงมีการพัฒนา ยานพาหนะไฟฟ้าเพื่อลดการใช้น้ำมันขึ้นมา ทำให้มีแนวโน้มในการหัน มาใช้รถที่ไร้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมากขึ้นเพื่อช่วยในการประหยัด ค่าใช้จ่ายและเป็นพลังงานสะอาด โดยในประเทศไทยการไฟฟ้าส่วน นครหลวงก็ได้มีการจัดกิจกรรมและนำรถยนต์ไฟฟ้าออกมาให้ทดสอบ ด้าน แบตเตอรี่ของยานพาหนะไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการใช้รถยนต์ ไฟฟ้าด้วย ซึ่งการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะเพิ่มความต้องการ ใช้ไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้า เกิดแรงดันไฟฟ้าตก และการเพิ่มขึ้นของการ สูญเสียนองจรไฟฟ้า ในอนาคตเมื่อมีการใช้ยานพาหนะพลังงานไฟฟ้าที่ เพิ่มขึ้น ปริมาณการชาร์จแบตเตอรี่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าสูงสุดสูงขึ้นประเทศจึงต้องจัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆ โดย ในแต่ละปีประเทศไทยต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดหา พลังงาน และเมื่อความต้องการใช้พลังงานสูงสุดมากขึ้น จึงจำเป็นต้อง สร้างแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเนื่องจากการใช้รถยนต์ไฟฟ้าใน ครัวเรือนนั้นเปรียบเสมือนมีการใช้ไฟฟ้านานาชาติที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มาก จึงได้มีหลักการการคิดค่าไฟฟ้ามาช่วยในการคำนวณค่าไฟฟ้าด้วย คืออัตราค่าไฟแบบ TOU และพลังงานทดแทนในการช่วยจ่ายไฟฟ้าเพื่อ ลดต้นทุนอีกส่วนหนึ่ง

### 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality)

คุณภาพกำลังไฟฟ้า คือคุณลักษณะกระแส แรงดัน และความถี่ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะปกติ โดยไม่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีการ ทำงานผิดพลาดหรือเกิดความเสียหายเหตุผลหลักที่ทำให้มีการพิจารณา ถึงคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า ได้แก่

- 1. ภาวะชั่วคราว (Transient) คือปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลง ของสภาพไฟฟ้า (แรงดัน กระแส) ในเวลาทันทีทันใดจากสภาพปกติแบ่ง ออกเป็น 2 ประเภท คือ Impulsive Transients และ Oscillatory Transients

2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันช่วงระยะสั้น (Short Duration Voltage Variation) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าไม่เกิน 1 นาที ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตก (Voltage Sag หรือ Voltage Dip) แรงดันเกิน (Voltage Swell) และ ไฟดับ (Interruptions)

3. การเปลี่ยนแปลงแรงดันช่วงระยะยาว (Long Duration Voltage Variation) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย ที่มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงค่าเกิน 1 นาที ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตก แรงดันเกิน และ ไฟดับ

4. ความผิดเพี้ยนรูปคลื่น (Waveform Distortion) การผิดเพี้ยนของรูปคลื่น คือ การเบี่ยงเบนในสภาวะคงตัวของรูปคลื่นไซน์ที่มีความถี่ทางกำลังไฟฟ้า และสามารถอธิบายคุณลักษณะได้โดยแยกองค์ประกอบทางความถี่ออกมา

5. แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) คือการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องของค่าแรงดันรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย มีขนาดไม่เกินช่วงแรงดัน 0.95-1.05 pu.

6. การแปรเปลี่ยนความถี่กำลังไฟฟ้า (Power Frequency Variation) คือปรากฏการณ์ที่ความถี่ของระบบไฟฟ้า มีค่าเปลี่ยนไปจากค่าความถี่ปกติ 50 Hz.

7. ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF) และค่าคลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF) โดยพื้นฐานทางไฟฟ้าทั่วไปนั้นค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ หรือเรียกย่อๆ ว่า PF ที่นิยามจากค่า  $\cos \theta$  ของมุมของกระแสและแรงดันที่ความถี่เดียวกันที่เกิดขึ้น และค่าคลาดเคลื่อนตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (DPF) โดย  $\theta_1$  คือมุมที่เกิดขึ้นขอ กระแสฮาร์โมนิกอันดับที่ 1 [1]

## 2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ เป็นอัตราที่สะท้อนถึงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด คือราคาค่าไฟฟ้าจะสูงในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้มากที่สุดตั้งแต่เวลา 22.00 – 9.00 นาฬิกา และราคาต่ำในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อยตั้งแต่เวลา 22.00 - 9.00 นาฬิกา โดยการคิดค่าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้งานและมีการคิดค่าไฟฟ้าจากค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดด้วย

## 2.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof)

ระบบผลิตไฟฟ้าบนหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคาที่อยู่อาศัย ใช้ผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ภายในที่อยู่อาศัย โดยการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการพลังงานแสงอาทิตย์ แปลงเป็นกระแสสลับจ่ายให้กับระบบไฟฟ้า มีตัวแปรที่สำคัญ คือ ความเข้มแสงอาทิตย์ โดยจะแปรผันตามกระแสไฟฟ้าซึ่งแรงดันไฟฟ้าคงที่ จึงให้วัตต์ที่มากขึ้น และอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงจึงทำให้วัตต์ที่ผลิตได้น้อยลง

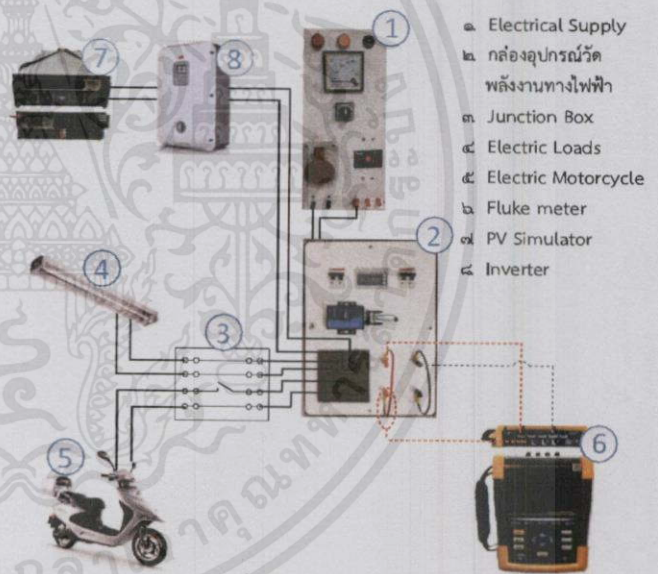
## 2.4 อินเวอร์เตอร์

เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไม่น่าจะรับไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หรือเซลล์แสงอาทิตย์ก็ตาม โดยใช้หลักการของทรานซิสเตอร์โดยแปลงแรงดันให้สลับกันไปมา ระหว่างบวกกับลบจนเกิดความถี่ที่ต้องการ[2] โดยอินเวอร์เตอร์มีด้วยกันอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

- 1.อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบสแตนด์ออล
- 2.อินเวอร์เตอร์ที่ใช้กับระบบออนกริด

## 3. การออกแบบการทดลอง

การทดลองจำลองเหตุการณ์วัดพลังงานทางไฟฟ้าของโครงกรณี้ จะรับแรงดันไฟฟ้าที่ขนาด 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต เข้ามาที่ชุดทดลองทดลอง โดยกล่องชุดการทดลองจะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดตัวอย่าง และ จักรยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้าและ คุณภาพทางไฟฟ้าจากการชาร์จ โหลดจักรยานยนต์ไฟฟ้าในวงจร



รูปที่ 1 วงจรการทดลอง

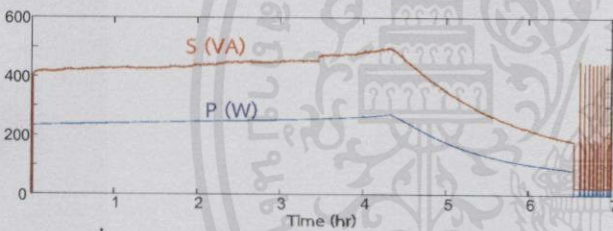
การทดลองจะแบ่ง โหลดพื้นฐานที่ต่อร่วมกับการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นสองประเภทคือ โหลดที่เป็นเชิงเส้น กับ โหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งจะทำให้เกิดค่าพลังงานทางไฟฟ้ากับคุณภาพทางไฟฟ้าของระบบที่แตกต่างกัน

ในการทดลองจะแบ่งแยกกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเป็นอีกสองประเภทคือ กรณีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมเซอร์กิตเบรกเกอร์กับ โหลดตัวอย่าง และ กรณีชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์กับ โหลดตัวอย่าง ซึ่งสามารถทำให้การวัดพลังงานทางไฟฟ้า และ คุณภาพทางไฟฟ้าของระบบนั้นแตกต่างกัน

เนื่องจากการคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้ (TOU) จะมีการคิดค่าไฟฟ้าในราคาที่ต่ำ และ ราคาที่สูง แล้วแต่ช่วงเวลาการใช้งาน และหากมีการชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งเป็นโหลดขนาดใหญ่ ดังนั้นจะทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูงหากจำเป็นต้องชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าในเวลาการคิดค่าไฟฟ้าที่สูง ซึ่งหากมีพลังงานทดแทนมาช่วยในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงที่ชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้า จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายได้ ซึ่งพลังงานทดแทนที่เลือกใช้คือ พลังงานแสงอาทิตย์ โดยสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ราคาค่าไฟฟ้าที่สูงได้เนื่องจากเป็นช่วงเวลากลางวัน และ ยังทำการศึกษาผลกระทบทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่มีต่อระบบจากการชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าและโหลดตัวอย่าง

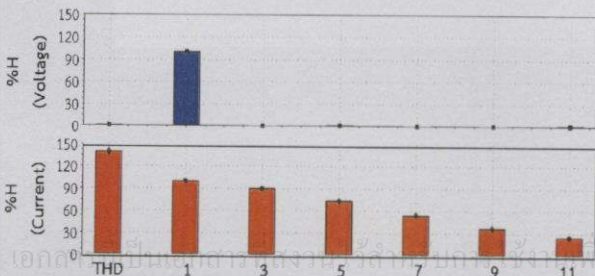
4. ผลการทดลอง

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าใช้กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ และจ่ายกำลังไฟฟ้าเหมือน 70 วาร์ และกำลังไฟฟ้าปรากฏที่วัดได้ไม่แตกต่างกับขนาดผลรวมของเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าจริงกับเวกเตอร์กำลังไฟฟ้าเสมือน เนื่องจากฮาร์มอนิกที่สูงทำให้เกิด D (ฮาร์มอนิก) กำลังไฟฟ้าปรากฏจึงมีค่าสูงขึ้น จากสมการ 2.1 ได้ค่า  $D = 350$



รูปที่ 2 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าใช้เวลาในการชาร์จจากแบตเตอรี่หมดจนแบตเตอรี่เต็ม 6 ชั่วโมง 30 นาที ใช้พลังงานทั้งหมด 1.41 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในช่วง 4 ชั่วโมงครั้งแรก กำลังไฟฟ้าที่ใช้เกือบคงที่ที่ 240 วัตต์ หลังจากนั้นกำลังไฟฟ้าก็จะค่อยๆลดลงจนแบตเตอรี่เต็ม กระแสไฟฟ้าที่ใช้ชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้ามีค่าความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นสูง โดยเฉพาะฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 และ 5 ที่มีผลต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า

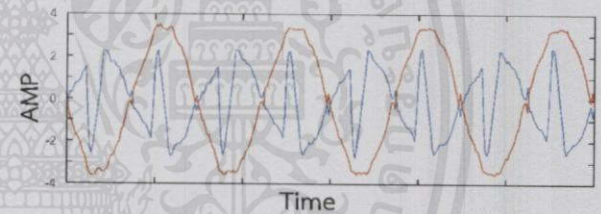


รูปที่ 3 กราฟฮาร์มอนิกส์ของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อใช้แหล่งจ่ายจากการไฟฟ้า พบว่าเมื่อทำการต่อโหลดรถจักรยานยนต์ร่วมกับโหลดฐาน จะทำให้เกิดแรงดันตก พาวเวอร์แฟกเตอร์ลดลง ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันสูงขึ้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสสูงขึ้นมาก แต่เมื่อทำการเพิ่มขนาดโหลดพื้นฐาน ผลกระทบที่เกิดจากการชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าจะลดลง

ในกรณีต่อโหลดแบบแยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ พบว่าผลกระทบจากการชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าต่อโหลดในวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ต่างกัน ส่งผลกระทบน้อย เกิดแรงดันตกเล็กน้อย ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสและแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เมื่อมีพลังงาน ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 600 วัตต์ ขณะที่ไม่มีโหลด พลังงานทั้งหมดจะไหลไปที่การ ไฟฟ้า (วัดกำลังไฟฟ้าได้ค่าติดลบ) เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไป กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะช่วยให้กับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะจ่ายเข้าสู่การ ไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่การ ไฟฟ้าจะมีค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ที่ต่ำ จากรูปที่ 4 ความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมีค่าสูงมากมีฮาร์มอนิกอันดับที่สูงสุดขึ้นมาก โดยเฉพาะฮาร์มอนิกอันดับที่ 3 และ 5 ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 4 กราฟกระแสที่รับ PV (แดง) และจ่ายการ ไฟฟ้า (น้ำเงิน)

กรณีมีโหลดฐาน 500 วัตต์ ในช่วงแรกโหลดเชิงเส้นมีขนาดน้อยกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดพลังงานที่ส่งออกไปสู่การ ไฟฟ้า (จุดที่ กำลังไฟฟ้ามีค่าติดลบ) และช่วงที่ 2 เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าเข้าไป โหลดรวมจึงมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการ ไฟฟ้ามาช่วยจ่าย โหลด (กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) พาวเวอร์แฟกเตอร์มีค่าลดลง และเกิดความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสมากขึ้น

กรณีมีโหลดเชิงฐาน 750 วัตต์ โหลดเชิงเส้นและโหลดรวมมีขนาดมากกว่าแหล่งจ่ายจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ต้องรับกำลังไฟฟ้าจากการ ไฟฟ้ามาช่วยจ่าย โหลด (กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก) เมื่อต่อโหลดรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าโหลดฐาน 500 วัตต์

ด้านผลกระทบค่าไฟฟ้า จะเปรียบเทียบระหว่าง 1.ค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ 2. ค่าไฟฟ้าแบบอัตราอัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการ ใช้ เมื่อชาร์จรถักรยานยนต์ไฟฟ้าช่วงความต้องการ ไฟฟ้าสูง (On Peak) 3. อัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการ ใช้ เมื่อชาร์จรถักรยานยนต์ช่วงความต้องการ ไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) 4.อัตรา TOU เมื่อ

ชาร์จรดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และมีเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์ มาช่วยจ่าย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการคิดค่าไฟประเภทต่างๆ

	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
อัตราปกติ (แบบก้าวหน้า) เมื่อชาร์จรด	2,095.90
อัตรา TOU เมื่อชาร์จรดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง	2,359.80
อัตรา TOU เมื่อชาร์จรดช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ	2,240.98
อัตรา TOU เมื่อชาร์จรดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง และมีเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์ มาช่วยจ่าย	1,608.37

## 5. สรุปผลการทดลอง

ปริญญาณพนธ์นี้จึงได้มีการจำลองพฤติกรรมภาระชารจ์ยานพาหนะไฟฟ้า ร่วมกับภาระทางไฟฟ้าที่เป็นเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น ภายในวงจรเดียวกัน และแยกวงจรกัน ในค่าภาระทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะครอบคลุมถึงปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้า โดยการจำลองพฤติกรรมภาระชารจ์และนำมาเปรียบเทียบกัน

ในกรณีที่ชาร์จยานพาหนะไฟฟ้าภายในวงจรเดียวกัน ภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้นเกิดแรงดันตกเล็กน้อย ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าลดลง ค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นแรงดันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงชันมาก ส่วนภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้น ผลที่ได้มีค่าคล้ายคลึงกัน แต่มีพาวเวอร์แฟกเตอร์ต่ำกว่า และค่าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นกระแสสูงกว่า เนื่องจากภาระทางไฟฟ้าแบบไม่เชิงเส้นมีที่ใช่คือหลอดฟลูออโรสเซนต์ ที่มีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้เกิดฮาร์โมนิกขึ้น ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นกระแสจึงมากกว่าภาระทางไฟฟ้าแบบเชิงเส้น

ในกรณีที่มิพลังงานทดแทน เซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof) มาช่วยจ่ายไฟ ถ้าผลิตพลังงานได้มากกว่าพลังงานที่ต้องการใช้ ณ ขณะนั้น จะมีการส่งคืนกลับให้การไฟฟ้า ด้วยแรงดันและกระแสที่มีความผิดเพี้ยนนั้นจะส่งผลกระทบต่อกรไฟฟ้าโดยตรง

ด้านค่าไฟฟ้าอัตรา TOU เมื่อชาร์จรดช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) และมีเซลล์แสงอาทิตย์ 600 วัตต์ มาช่วยจ่าย จะได้ค่าไฟฟ้าที่ถูกที่สุด และในแง่ของผู้ใช้ไฟแบบบ้านอยู่อาศัย การคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) จะไม่นำค่าความต้องการสูงสุดมาคำนวณ แต่ในความเป็นจริงแล้วมีค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อกรไฟฟ้าโดยตรง และถ้ามีการขยายธุรกิจเพิ่มเติม ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนั้นต้องนำมาคำนวณด้วย ดังนั้นจึงควรมีติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar roof) เพื่อช่วยลดค่าความต้องการสูงสุดนี้

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถทำสำเร็จล่วงไปได้ด้วยการช่วยเหลือจากหลายๆท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อรรถพล เถาพิทักษ์กุล และ ผศ.ชายชาญ โพธิสาร อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้มาโดยตลอดและตรวจสอบข้อผิดพลาด รวมถึงจับบกพร่องต่างๆให้ปริญญาณพนธ์นี้สำเร็จล่วงไปด้วดี

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สักดิ์ชัย นรสิงห์. *คุณภาพกำลังไฟฟ้า POWER QUALITY*. แผนกวิจัยระบบจำหน่ายกองวิจัย ฝ่ายพัฒนาระบบไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.
- [2] "Solar Roof Available," *Advanced Solar power co. Ltd*, at Available: <http://www.chiangraigreenpower.com/>.

## ประวัติผู้เขียน



นาย ธนัทพงศ์ ศิริสุข โภคา (แบงค์)  
เกิดวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2535  
ที่อยู่ 87 หมู่ 3 ถ.มาลัยแมน ด.นครปฐม  
อ.เมืองนครปฐม จ.นครปฐม 73000  
E-mail: s.thanatpong@gmail.com



นางสาว ชัญจิรา วีระเลิศฤทธิ์ชัย (พิม)  
เกิดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536  
ที่อยู่ 2 ซ.สามเสน4 ถ.สามเสน  
บ้านพานถม เขตพระนคร กทม. 10200  
E-mail: thightypimmy1@gmail.com



นาย เตศวร สมประเสริฐศักดิ์ (ที)  
เกิดวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2535  
ที่อยู่ 147/1 ซ.สามเสน19 ถ.นครชัยศรี  
ช.นครชัยศรี เขตคูสิต กทม. 10300  
E-mail: teevallol@gmail.com



นาย ชีระรัฐ ศรีสากส์วัดกุล (บอส)  
เกิดวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2536  
ที่อยู่ 446 ซ.19/1ร่มเกล้า ค.สามประเวศ  
ช.ลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กทม. 10520  
E-mail: pharkung\_b@windowslive.com

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไปว่าลิขสิทธิ์ต่างถิ่น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



นาย ธนัทพงศ์ ศิริสุขโกคา (แบงค์)

เกิดวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2535

ที่อยู่ 87 หมู่ 3 ถนนมาลัยแมน ตำบลนครปฐม อำเภอ

เมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

จบมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย

E-mail: s.thanatpong@gmail.com



นางสาว อัญจิรา วีระเลิศฤทธิชัย (พิม)

เกิดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536

ที่อยู่ 2 ซอยสามเสน4 ถนนสามเสน แขวงบ้านพานถม

เขตพระนคร กทม. 10200

จบมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสตรีวิทยา

E-mail: mightypimmy1@gmail.com



นาย ชีรภัทร สมประเสริฐศักดิ์ (ทारी)

เกิดวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2535

ที่อยู่ 147/1 ซอยสามเสน19 ถนนนครชัยศรี แขวงนคร

ชัยศรี เขตดุสิต กทม. 10300

จบมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนโยธินบูรณะ

E-mail: teevallol@gmail.com



นาย ชีระรัฐ ศรีศาควัตกุล (บอส)

เกิดวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2536

ที่อยู่ 446 ซอย19/1ร่มเกล้า คลองสามประเวศ แขวง

ลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กทม. 10520

จบมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ

เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

E-mail: pharkung\_b@windowslive.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่เป็นการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้