

การพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

The Development of Direct Current Bus and Nanogrid System with  
Energy Harvesting



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2563

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

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

The Development of Direct Current Bus and Nanogrid System with  
Energy Harvesting



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
2020

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

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

ปีการศึกษา 2563

การพัฒนาาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

The Development of Direct Current Bus and Nanogrid System with

Energy Harvesting



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
รศ.ดร.อรรณพล เก้าพิทักษ์กุล

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

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

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

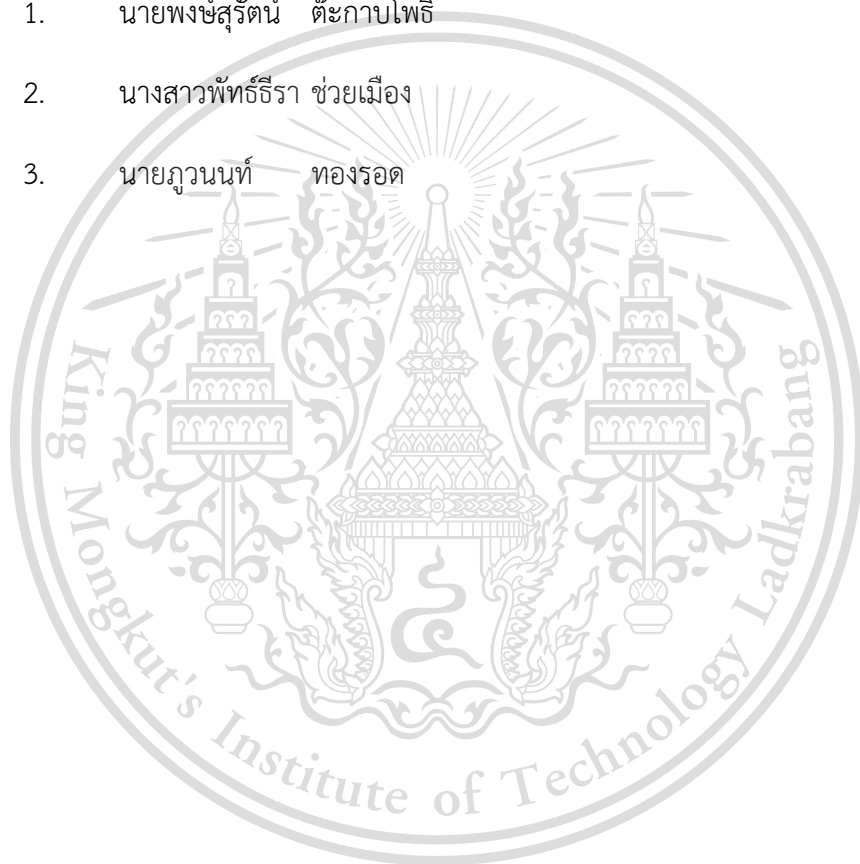
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นายพงษ์สุรัตน์ ต๊ะกาบโพธิ์
2. นางสาวพัทธ์ธีรา ช่วยเมือง
3. นายภูวนนท์ ทองรอด



A handwritten signature in black ink, appearing to be "อรุณพล เก่งพิทักษ์กุล".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่ใช้  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณพล เก่งพิทักษ์กุล )

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

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

## การพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

นายพงษ์สุรัตน์ ต๊ะกาบโพธิ์

นางสาวพัทธ์ธีรา ช่วยเมือง

นายภูวนนท์ ทองรอด

รศ.ดร.อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2563

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบระบบนาโนกริด ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงและระบบเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากมีแนวโน้มในการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคต ระบบนาโนกริดนี้ที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินที่ยานยนต์ไฟฟ้ามีพลังงานไม่เพียงพอ ซึ่งในการออกแบบและการตั้งค่าพารามิเตอร์วงจรต่างๆของระบบดังกล่าวจะทำการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการวัดค่าข้อมูลต่างๆ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ระบบที่ได้ทำการพัฒนาและจำลอง ซึ่งแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือการทดลองและวิเคราะห์เกี่ยวกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบในสภาพอากาศที่แตกต่างกันโดยมีความเข้มแสงเป็นปัจจัยสำคัญ จากการวิเคราะห์พบว่าระบบสามารถผลิตพลังงานและกักเก็บพลังงานได้สูงสุดในวันที่มีท้องฟ้าโปร่ง และปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ต่ำสุดในวันที่ท้องฟ้าครึ้มและมีฝนตก และอีกกรณีคือการทดลองเกี่ยวกับความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับยานยนต์ไฟฟ้า โดยกำหนดเวลาในการอัดประจุได้ครั้งละ 60 นาที ซึ่งจากการทดลองพบว่าระบบสามารถทำการอัดประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดที่ 600 โวลต์ โดยค่าสถานะการอัดประจุที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละรุ่น เพื่อให้เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนไปถึงจุดหมาย โดยผลลัพธ์จากการศึกษาและออกแบบระบบดังกล่าวนี้เพื่อส่งเสริมการสร้างพลังงานทดแทนจากระบบเพื่อเป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

# The Development of Direct Current Bus and Nanogrid System with Energy Harvesting

PHONGSYRAT TAKAPPHO

PATTIRA CHUAIMUANG

PUWANON THONGROD

Assoc. Prof. Dr. ATTHAPOL NGAOPITAKKUL Advisor

Year 2020

## Abstract

This project aims to study and design a nanogrid system, which consists of a DC bus system and an energy harvesting system that produces electricity from solar energy. Because there is a trend in the use of electric vehicles more in the future, the nanogrid system was created as a prototype to generate electrical energy for charging electric vehicles in the case of an emergency when the electric vehicle does not have enough energy. In designing and parameter settings, the various circuits of such systems are simulated through a computer program. Perform measurements of various data to study and analyze the developed and simulated systems the case studies were divided into two cases are experiments and analyzes of the amount of electrical energy produced by the system in different climates, with the irradiance as an important factor. The analysis revealed that the system was able to produce the most energy and store energy on a clear day and the lowest amount of energy produced on cloudy and rainy days. Another case was an experiment on the capacitance of an in-grid charger for electric vehicles by setting the charging time for 60 minutes per vehicle, which was found from the experiment that the system can charge with a full rated voltage of 600 volts. The increase in charge status depends on the battery capacity of each model. To be sufficient for driving to the destination. The results from this study and design of this system are to promote the creation of alternative energy from the system to benefit both energy and environmentally friendly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษารองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการมาด้วยดีตลอด และได้กรุณา ตรวจสอบแก้ไข ปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณณัฐนนท์ พันธนิล และคุณสันติพันธ์ อนันต์วัฒนาพร พี่ๆ ปริญญาโท และปริญญาเอก ที่ช่วยให้ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงการ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้องปฏิบัติการ 404 ทุกคน ที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและแก้ปัญหาด้วยดีมาตลอด

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการทำโครงการครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	3
1.5 แผนการดำเนินงานโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ระบบนาโนกริด	6
2.2 โฟโตโวลตาอิก	6
2.3 แบตเตอรี่	17
2.3.1 ข้อมูลจำเพาะแบตเตอรี่	17
2.3.2 ระดับการชาร์จแบตเตอรี่	17
2.3.3 การต่อแบตเตอรี่ขนาดใหญ่	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.4 เครื่องจักรรถยนต์ไฟฟ้าความเร็วสูงระดับ 1, 2 และไฟฟ้ากระแสตรงใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามมิให้ผู้อื่นนำเนื้อหาไปอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 2	19
2.4.3 การอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง	20
<b>บทที่ 3 การออกแบบและจำลองระบบด้วยโปรแกรมในระบบคอมพิวเตอร์</b>	<b>21</b>
3.1 แหล่งจ่ายพลังงานทดแทน	23
3.2 ระบบกักเก็บพลังงาน	26
3.3 แทนอัดประจุ	28
<b>บทที่ 4 ผลการจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์</b>	<b>29</b>
4.1 กรณีจำลองและศึกษาระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน	29
4.1.1 การจำลองเพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน	29
4.1.2 การจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าของแทนอัดประจุสำหรับในกรณีฉุกเฉิน	31
4.2 ผลการจำลองกรณีที่ 1 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่ง	33
4.3 ผลการจำลองกรณีที่ 2 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน	38
4.4 ผลการจำลองกรณีที่ 3 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่งตลอดในช่วงเช้าและมีฝนตกตลอด ในช่วงบ่าย	43
4.5 ผลการจำลองกรณีที่ 4 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าที่มีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลอง	48
4.6 ผลการจำลองปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี	53
4.7 ผลการจำลองการอัดประจุ กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	55
4.8 ผลการจำลองการอัดประจุ กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเทคโนโลยีเบื้องหลังที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.9 เปรียบเทียบผลการจำลองการอัดประจุของแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ทั้ง 2 รุ่น	65
<b>บทที่ 5 สรุปผลการจำลอง</b>	67
5.1 สรุปผล	67
5.2 ปัญหาที่พบ	68
5.3 แนวทางการพัฒนา	68
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	69
<b>ภาคผนวก</b>	71
ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ	72
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์สำหรับการจำลองด้วยโปรแกรม PSCAD	77
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ของการจำลองการอัดประจุของแท่นอัดประจุ ยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานะการประจุ ของแบตเตอรี่	85
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ของการจำลองการอัดประจุของแท่นอัดประจุ ยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานร่วมกัน ของระบบ	91
<b>ประวัติผู้เขียนบทความ</b>	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	กราฟความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน และกราฟกำลังไฟฟ้า	9
รูปที่ 2.2	กราฟความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่มีคุณลักษณะ I-V และ P-V ของระบบโพลีโวลตาอิก	10
รูปที่ 2.3	วงจรสมมูลโมดูลโพลีโวลตาอิก	13
รูปที่ 2.4	การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม	18
รูปที่ 2.5	การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน	18
รูปที่ 3.1	ไดอะแกรมเส้นเดียวสำหรับโครงสร้างระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง	21
รูปที่ 3.2	โครงสร้างจำลองระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรง ในโปรแกรมจำลอง	22
รูปที่ 3.3	ตัวควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์ในการควบคุมการไหลของพลังงาน ในโปรแกรมจำลอง	23
รูปที่ 3.4	โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์บางส่วน ในระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรง ในโปรแกรมจำลอง	24
รูปที่ 3.5	วงจรกำลังเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง	25
รูปที่ 3.6	วงจรควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง	25
รูปที่ 3.7	ระบบกักเก็บพลังงานและแพนอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ในระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรง ในโปรแกรมจำลอง	26
รูปที่ 3.8	แบตเตอรี่แต่ละโมดูล ในโปรแกรมจำลอง	27
รูปที่ 3.9	วงจรแบตเตอรี่ ในโปรแกรมจำลอง	27
รูปที่ 3.10	วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง ในโปรแกรมจำลอง	28
รูปที่ 4.1	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ของทั้ง 4 กรณีที่สภาพอากาศแตกต่างกัน	29
รูปที่ 4.2	จุดวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบนาโนกริดในกรณีศึกษาที่สภาพอากาศแตกต่างกัน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content, or VII cite the document when use.

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.3	จุดวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบนาโนกริดในกรณีศึกษาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า	32
รูปที่ 4.4	ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งตลอดช่วงเวลาในการทดลอง	33
รูปที่ 4.5	กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	33
รูปที่ 4.6	กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	34
รูปที่ 4.7	กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	34
รูปที่ 4.8	กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงานตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	35
รูปที่ 4.9	กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	36
รูปที่ 4.10	กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	36
รูปที่ 4.11	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	37
รูปที่ 4.12	กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1	37
รูปที่ 4.13	ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วนตลอดช่วงเวลาการทดลอง	38
รูปที่ 4.14	กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	38
รูปที่ 4.15	กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	39
รูปที่ 4.16	กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	39
รูปที่ 4.17	กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลระบบกักเก็บพลังงานตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content, arVIIIcite the document when use.

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.18	กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	40
รูปที่ 4.19	กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	41
รูปที่ 4.20	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	42
รูปที่ 4.21	กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2	42
รูปที่ 4.22	ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งตลอดในช่วงเช้าและมีฝนตกตลอดในช่วงบ่าย	43
รูปที่ 4.23	กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	43
รูปที่ 4.24	กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	44
รูปที่ 4.25	กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	44
รูปที่ 4.26	กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	45
รูปที่ 4.27	กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	45
รูปที่ 4.28	กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	46
รูปที่ 4.29	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	47
รูปที่ 4.30	กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3	47
รูปที่ 4.31	ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้ามีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลอง	48
รูปที่ 4.32	กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4	48
รูปที่ 4.33	กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญรูปลูกภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.34	กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที 4	49
รูปที่ 4.35	กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที 4	50
รูปที่ 4.36	กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที 4	50
รูปที่ 4.37	กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที 4	51
รูปที่ 4.38	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที 4	51
รูปที่ 4.39	กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที 4	52
รูปที่ 4.40	กราฟกระแสไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นการทำงานของระบบนาโนกริด	52
รูปที่ 4.41	กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	56
รูปที่ 4.42	กราฟกำลังไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	57
รูปที่ 4.43	กราฟแรงดันไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	58
รูปที่ 4.44	กราฟกระแสไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	59
รูปที่ 4.45	กราฟสถานะการประจุแบตเตอรี่ กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e	61
รูปที่ 4.46	กราฟกำลังไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e	62
รูปที่ 4.47	กราฟแรงดันไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e	63
รูปที่ 4.48	กราฟกระแสไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e	64
รูปที่ ข.1	อาเรย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ ข.2 ูพารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าอาเรย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ ข.3	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าเซลล์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	80
รูปที่ ข.4	การปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุดในโปรแกรมจำลอง	80
รูปที่ ข.5	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าการปรับตำแหน่งสูงสุดของกำลังไฟฟ้า	81
รูปที่ ข.6	แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน ในโปรแกรมจำลอง	81
รูปที่ ข.7	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน	82
รูปที่ ข.8	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่า Shepherd Model	82
รูปที่ ข.9	แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในโปรแกรมจำลอง	83
รูปที่ ข.10	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	83
รูปที่ ข.11	พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าของเส้นโค้งการคายประจุของแบตเตอรี่	84
รูปที่ ค.1	กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน ในกรณีที่หนึ่ง	86
รูปที่ ค.2	กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่หนึ่ง	87
รูปที่ ค.3	กราฟแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่หนึ่ง	87
รูปที่ ค.4	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่หนึ่ง	87
รูปที่ ค.5	กราฟสถานะการประจุของของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน ในกรณีที่สอง	88
รูปที่ ค.6	กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง	89
รูปที่ ค.7	กราฟแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง	89
รูปที่ ค.8	กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง	89
รูปที่ ง.1	โครงสร้างของระบบนาโนกริดในส่วนของหน่วยกักเก็บพลังงานไฟฟ้า แท่นอัดประจุและโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์บางส่วน	92
รูปที่ ง.2	กราฟแรงดันไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้า ของระบบกักเก็บพลังงาน	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ ง.4	กราฟกำลังไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงาน	94
รูปที่ ง.5	กราฟสถานะการประจุไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	94
รูปที่ ง.6	กราฟแรงดันไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	95
รูปที่ ง.7	กราฟกระแสไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	95
รูปที่ ง.8	กราฟกำลังไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	96



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1.1	สถิติการใช้และผลิตไฟฟ้าในปี 2560-2564 (ม.ค. – มี.ค.)	1
ตารางที่ 1.2	แสดงระยะเวลาการดำเนินงานโครงการตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดโครงการ	4
ตารางที่ 4.1	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน	54
ตารางที่ 4.2	ค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ	65
ตารางที่ 4.3	ประสิทธิภาพของการโอนถ่ายพลังงานระหว่างระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า	65
ตารางที่ 4.4	พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า	66
ตารางที่ 4.5	พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อระยะทางจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉิน	66
ตารางที่ ข.1	คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (1000 W/m <sup>2</sup> , 25 °C)	78
ตารางที่ ข.2	คุณลักษณะแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า	84
ตารางที่ ค.1	ค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสถานการณ์ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต จะเห็นว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จะเติบโตอย่างสม่ำเสมอและมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้น การพัฒนาสาธารณูปโภคพื้นฐานและการพัฒนาด้านคุณภาพชีวิตในสังคม ทำให้มีจำนวนการบริโภคทรัพยากรที่เพิ่มสูงขึ้น รวมไปถึงความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิต ทั้งภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้ในการพัฒนาประเทศ สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา ในตารางที่ 1 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในทุกๆปี ส่งผลทำให้ยังต้องมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจะสวนทางกับจำนวนที่ลดลงของทรัพยากรพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้น พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญและจำเป็นในการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคต รวมไปถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกิดจากการผลิตพลังงานจากทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ

ตารางที่ 1.1 สถิติการใช้และผลิตไฟฟ้าในปี 2560-2564 (ม.ค. - มี.ค.) [1],[2]

ปี	การใช้ไฟฟ้า (GWh)	การผลิตไฟฟ้า (GWh)
2560	185,124	201,166
2561	187,832	204,428
2562	192,960	212,050
2563	187,047	205,995
2564 (ม.ค. - มี.ค.)	44,759	49,606

เมื่อพูดถึงเทคโนโลยีด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้า และแนวโน้มธุรกิจไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานสะอาดจาก พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวภาพอื่นๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้ ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart grid) เกิดขึ้น โดยระบบสมาร์ตกริด เป็นระบบที่บริหารการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการทำงานได้อย่างชาญฉลาด เมื่อเทียบกับระบบไฟฟ้าทั่วไป เนื่องจากไฟฟ้าที่ผลิตแล้ว ต้องใช้งานทันที หากจัดเก็บจะมีต้นทุนสูง ซึ่งเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าได้เกินการใช้งานก็ย่อมสามารถส่งกลับไปขายให้รัฐ หรือบริษัทผู้ให้บริการไฟฟ้า แต่ทั้งหมดยังขาดการจัดการหรือการรองรับการจัดเก็บในระบบอุตสาหกรรม จึงไม่สามารถจัดสรรพลังงานทดแทนเข้ามาใช้ในระบบในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยระบบสมาร์ตกริดนี้เข้ามาช่วยในการจัดการระบบไฟฟ้า ทั้งการผลิต การจ่ายและรับพลังงาน การจัดเก็บ รวมไปถึงการจัดสรรพลังงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย โดยระบบสมาร์ตกริด สามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มย่อย คือ ระบบไมโครกริด (Microgrid system) และระบบนาโนกริด (Nanogrid system) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สำหรับระบบนาโนกริดนั้นเป็นระบบไฟฟ้าที่มีพิกัดขนาดเล็ก มีความซับซ้อนน้อย และมีต้นทุนที่ถูกเมื่อเทียบกับระบบไมโครกริด โดยทั่วไประบบนาโนกริดมีพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่เกิน 5,000 วัตต์ เช่น บ้านหนึ่งหลังหรืออาคารเพียงหนึ่งแห่ง ในขณะที่ระบบไมโครกริดจะครอบคลุมถึง บ้านหลายๆหลังหรืออาคารหลายๆอาคาร และระบบนาโนกริดมีข้อดี ในเรื่องการจัดการพลังงาน ระหว่างระบบผลิตพลังงานและระบบกักเก็บพลังงานด้วยต้นทุนการติดตั้งและการดำเนินงานที่ถูกลง [3]

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีในยุคสมัยนี้มีความก้าวหน้าขึ้นอย่างมาก อีกทั้งยานยนต์ไฟฟ้ายังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ายานยนต์พลังงานฟอสซิลอีกด้วย จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำจะทำการจำลองการทำงานของระบบนาโนกริดที่ครอบคลุมไปตามความยาวถนนภายในขอบเขตของกริดเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับแท่นอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่อยู่บริเวณถนนในขอบเขตของกริดสำหรับในกรณีฉุกเฉินที่ยานยนต์ไฟฟ้านั้นแบตเตอรี่ไม่เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนไปถึงจุดหมายหรือไปถึงสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน โดยระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายให้กับโหลดทางไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูง มีความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัย เพื่อส่งเสริมการสร้างพลังงานทดแทนจากระบบนาโนกริดนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาและพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานเก็บเกี่ยว
2. ออกแบบและจำลองการทำงานของระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง โดยระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการใช้โปรแกรมจำลองทางไฟฟ้า
3. วิเคราะห์ผลการจำลองจากกรณีที่ต้องการศึกษาของระบบที่ได้ออกแบบ

## 1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการงาน

ปริญญาโทเล่มนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งใช้ผลิตไฟฟ้าในการส่งเสริมการสร้างพลังงานทดแทนและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบไฟฟ้าย่อย รวมถึงรายละเอียดการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้ร่วมกับระบบแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉิน จากนั้นทำการออกแบบระบบไฟฟ้านาโนกริด แบตเตอรี่ และแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉินเพื่อนำมาใช้ โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นทำการบันทึกผลการทดลอง และนำไปปรับปรุงข้อบกพร่องให้สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้เพื่อการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน
2. ศึกษาการใช้โปรแกรมจำลองทางไฟฟ้า สำหรับการจำลองและออกแบบการทำงานของระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง
3. ศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์
4. ศึกษาการทำงานของระบบแทนอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า
5. ทำการออกแบบและจำลองการทำงานของระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง ด้วยโปรแกรมจำลองในระบบคอมพิวเตอร์และนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการดำเนินงานขั้นต่อไป
6. วิเคราะห์ข้อมูลและทำการใช้โปรแกรมจำลองในคอมพิวเตอร์ในการปรับค่าและจำลองการทำงานของระบบเพื่อศึกษาแต่ละกรณี
7. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการปรับปรุงข้อบกพร่อง และสรุปผลการทดลอง

#### 1.5 แผนการดำเนินโครงการงาน

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาและจำลองการทำงานของระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 2 เทอม ซึ่งสามารถแบ่งเวลาการดำเนินได้ดังตารางที่ 1.2

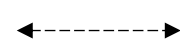
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 1.2 แสดงระยะเวลาการดำเนินงานโครงการตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดโครงการ

กิจกรรม	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับหัวข้อโครงการ	←-----→		←-----→							
2.) ศึกษาการใช้โปรแกรมจำลองทางไฟฟ้า PSCAD		←-----→		←-----→						
3.) ออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรต่างๆที่ใช้ในกริด			←-----→			←-----→				
4.) ออกแบบและจำลองการทำงานของระบบนาโนกริดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงปรับปรุงและพัฒนาให้สมบูรณ์						←-----→				
5.) วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการทดลอง								←-----→		
6.) สรุปรายงานและนำเสนอ										←-----→



เป้าหมายที่วางไว้



เป้าหมายที่ทำได้จริง

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการทดสอบระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนและใช้ในการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า โดยการจำลองในโปรแกรมจำลองคอมพิวเตอร์ โดยงานวิจัยนี้ช่วยให้เกิดประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์พลังงานและด้านการวิจัย

### 1.) ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์พลังงาน

1.1 สามารถจัดสรรพลังงานที่นำมาใช้ในระบบนาโนกริดที่มีระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงเพื่ออัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2 การพัฒนาระบบนาโนกริดที่มีระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการผลิตไฟฟ้าให้มีความน่าเชื่อถือและมีเสถียรภาพ จะช่วยในการจัดการพลังงาน และช่วยลดภาระการผลิตไฟฟ้าของประเทศเมื่อการใช้นยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น

### 2.) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากองค์ความรู้ใหม่

2.1 เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ในด้านการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อไป

2.2 สามารถนำความรู้ในด้านการวิจัยขั้นนี้ไปเผยแพร่ เพื่อพัฒนาการวิจัยและต่อยอดชุดต้นแบบ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยขั้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ระบบนาโนกริด (Nanogrid system) [4]

นาโนกริด (Nanogrid) เป็นระบบไฟฟ้าที่มีพิกัดขนาดเล็ก มีความเรียบง่ายและต้นทุนต่ำ ส่วนประกอบของนาโนกริดนั้น ประกอบไปด้วย คอนโทรลเลอร์, โหลด, แหล่งกักเก็บพลังงาน และเกตเวย์ โดยการควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าเป็นหน้าที่ของ คอนโทรลเลอร์ ส่วนแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้านั้นเป็นส่วนที่เพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า แต่ไม่ใช่ส่วนสำคัญของระบบนาโนกริด และการเชื่อมต่อระหว่างส่วนประกอบและการส่งกระแสไฟฟ้าจากกริดภายนอกหรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายในกริดนั้นจะไหลผ่านเกตเวย์ที่ถูกควบคุมโดยคอนโทรลเลอร์นั่นเอง

##### ส่วนประกอบนาโนกริด

1. โหลด โหลดในนาโนกริดนั้นเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าไม่มาก อยู่ในช่วง 1-100 วัตต์เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ก็ไม่ได้มีข้อจำกัดที่ชัดเจน ซึ่งโหลดจะมีความต้องการกำลังไฟฟ้าแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ขึ้นอยู่กับสถานะของโหลดในตอนนั้น จึงต้องอาศัยการจัดการพลังงานด้วยคอนโทรลเลอร์
2. คอนโทรลเลอร์ คือ แกนกลางในการจัดการพลังงานในนาโนกริด ซึ่งมีความสามารถในการควบคุมระดับในการจ่ายกำลังไฟฟ้า, จัดการกับกริดภายนอก, กำหนดราคาไฟฟ้าภายในกริด และจัดการกับแหล่งกักเก็บพลังงานภายในกริด โดยคอนโทรลเลอร์ในนาโนกริดนั้นจะมีหน้าที่จัดการกับกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดทุกตัวในกริด โดยการนำข้อมูลในอดีตมาประมวลผลในการตัดสินใจในปัจจุบันได้อีกด้วย
3. แหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ถ้ามีแหล่งกักเก็บพลังงานในนาโนกริด คอนโทรลเลอร์จะมีหน้าที่ในการกักเก็บหรือดึงพลังงานออกจากแหล่งพลังงาน
4. เกตเวย์ เกตเวย์นั้นมีทั้งชนิดทางเดียว และสองทางสำหรับการไหลของกำลังไฟฟ้า โดยมีหน้าที่ในการสื่อสารและแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า ซึ่งอยู่ภายใต้คำสั่งของคอนโทรลเลอร์

#### 2.2 โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) [5]

โฟโตโวลตาอิก (PV) เป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านวัสดุกึ่งตัวนำ โดยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นถูกเรียกว่า ปรากฏการณ์ โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic Effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ฟิสิกส์, ปฏิกิริยาเคมีเชิงแสง และไฟฟ้าเคมี

ระบบโฟโตโวลตาอิก จะใช้โมดูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์จำนวนหนึ่งในการผลิตพลังงานไฟฟ้า การติดตั้งโฟโตโวลตาอิกนั้น อาจติดตั้งที่พื้น, หลังคา, ผนัง หรือติดตั้งแบบลอย ซึ่งตัวยึดแผงอาจจะติดไว้ถาวรหรือใช้คู่กับเครื่องติดตามแสงอาทิตย์ (Sun Tracker) เพื่อเบนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ตามดวงอาทิตย์

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

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

การใช้งานของระบบโฟโตโวลตาอิกถูกใช้เฉพาะทาง ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งแบบสแตนด์อโลน และการติดตั้งในระบบกริดโฟโตโวลตาอิกนั้น มีมาตั้งแต่ในปี ค.ศ.1990 และเริ่มแพร่หลายในปี ค.ศ.2000 เมื่อนักสิ่งแวดล้อมจากประเทศเยอรมันและองค์กรยูโรโซลาร์ได้ทุนจากรัฐบาลเพื่อสร้างหลังคาผลิตพลังงานไฟฟ้ากว่า 1 หมื่นแห่ง

2.2.1 ปรากฏการณ์ โฟโตวอลเทอิก (Photovoltaic Effect) เป็นกระบวนการในการสร้างแรงดันไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ โดยผ่านเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งปรากฏการณ์ โฟโตวอลเทอิก ถูกค้นพบในปี ค.ศ.1839 โดยโดยอเล็กซานเดร เอ็ดมอนด์ เบคเคิเรล (Alexandre-Edmond Becquerel) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ซึ่งเกิดจากการทดลองเซลล์ไฟฟ้าแบบเปียก เขาพบว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์ไฟฟ้าโดนแสงอาทิตย์

ปรากฏการณ์ โฟโตวอลเทอิก เกิดขึ้นบนเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วย ชั้นของสารกึ่งตัวนำที่แตกต่างกัน 2 ชั้นคือ ชั้นของสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P) และชนิดเอ็น (N) ซึ่งอยู่ติดกันทำให้เกิดส่วนของพี-เอ็น จังก์ชัน (P-N Junction) ผลของพี-เอ็น จังก์ชันจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าบนจังก์ชันนั้น ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน (Electron) และโฮล (Hole) โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปสู่ด้านที่มีศักย์สูง (สารกึ่งตัวนำชนิดพี) ส่วนโฮลจะเคลื่อนที่ไปสู่ด้านศักย์ต่ำ (สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น) ซึ่งสนามไฟฟ้านี้จะทำให้ประจุบวกเคลื่อนที่ไปด้านหนึ่ง ส่วนประจุลบจะเคลื่อนที่ไปด้านตรงกันข้าม

แสงประกอบไปด้วยโฟตอน ซึ่งเป็นกลุ่มก้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโฟตอนกระทบกับเซลล์โฟโตโวลตาอิก พลังงานจากอิเล็กตรอนได้รับพลังงานจนอิเล็กตรอนขึ้นไปในระดับพลังงานที่สูงขึ้นเรียกว่า คอนดักชันแบนด์ ส่งผลให้เกิดโฮลในวาเลนซ์แบนด์ ผลของการขยับของอิเล็กตรอนนี้ ทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮล

2.2.2 พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของโมดูลโฟโตโวลตาอิก การติดตั้งระบบโฟโตโวลตาอิก จะต้องคำนึงถึงพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

- ค่ากำลังสูงสุด : ค่ากำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุดของโมดูล
- แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด : แรงดันขาออกของเซลล์โฟโตโวลตาอิกขณะไม่มีกระแสไหล
- กระแสไฟฟ้าลัดวงจร : กระแสไฟฟ้าของโมดูลเมื่อส่วนขาออกของโมดูลถูกลัดวงจร
- แรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด : ระดับแรงดันไฟฟ้า ณ จุดที่ผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดบนกราฟ ความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน (I-V Curve)
- กระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด : ระดับกระแสไฟฟ้า ณ จุดที่ผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดบนกราฟ ความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน (I-V Curve)
- ประสิทธิภาพ : ค่าของปริมาณพลังงานแสงที่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
- พารามิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้น จะถูกทดสอบภายใต้สภาวะทดสอบมาตรฐาน (Standard

Test Conditions: STC) ที่ความเข้มแสง 1000 วัตต์ต่อ 1 ตารางเมตร อุณหภูมิที่แผง 25 องศาเซลเซียส ในชั้นบรรยากาศ 1.5 เท่าของมวลอากาศ

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

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

2.2.3 การคำนวณผลลัพธ์ของระบบ โดยกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนด ( $kW_p$ ) จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน  $n$  โมดูล แต่ละโมดูลมีกำลังสูงสุด ( $W_p$ ) ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน ถูกกำหนดโดย

$$kW_p = n \times \frac{W_p}{1000} \quad (2.1)$$

ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ( $E_{ma}$ ) จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของปีและสภาพอากาศ อย่างไรก็ตามค่าของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะใช้เป็นค่าเฉลี่ยรายปีของการแผ่รังสี และเมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพ ( $n$ ) ของเซลล์ สามารถประมาณผลผลิตพลังงานของระบบโฟโตโวลตาอิกเฉลี่ยต่อปี ( $E_p$ ) ได้ดังสมการ

$$E_p = E_{ma} \times kW_p \times n \quad (2.2)$$

การคำนวณข้างต้นยังสามารถคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมง รายวัน และรายเดือนได้เช่นเดียวกัน

2.2.4 การคำนวณผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้การผลิตพลังงานลดลง และเมื่อนำมาพิจารณาเป็นประสิทธิภาพ ( $\eta$ ) ของระบบโดยรวม โดยใช้แฟกเตอร์การลดอุณหภูมิ ( $\eta_t$ ) ดังสมการนี้

$$\eta_t = 1 - [\gamma \times (T_c - T_{stc})] \quad (2.3)$$

ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิไฟฟ้า ( $\gamma$ ) โดยทั่วไปคือ 0.005 สำหรับผลึกซิลิคอน

2.2.5 ประสิทธิภาพและสมรรถนะของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพใช้เป็นตัววัดปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีผลต่อการวัดประสิทธิภาพมีดังนี้

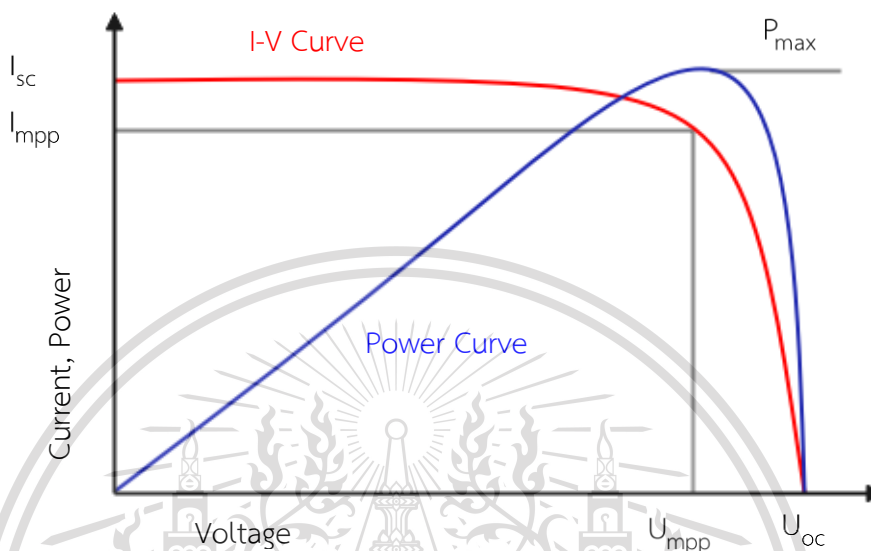
- ความยาวคลื่น : ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันของแสงนั้นจะมีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์
- วัสดุของเซลล์แสงอาทิตย์ : วัสดุที่ใช้สร้างโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันนั้น จะมีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์
- อุณหภูมิ : เซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ในขณะที่ประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
- การสะท้อนของแสง : การสะท้อนของแสงบนเซลล์จะทำให้ประสิทธิภาพลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ความต้านทาน : ความต้านทานของไฟฟ้าของเซลล์สร้างความสูญเสีย ซึ่งส่งผลต่อการคำนวณประสิทธิภาพให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2.6 กราฟความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน (I-V Curve) และกราฟกำลังไฟฟ้า (Power Curve) โดยพลังงานที่ส่งผ่านมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแส ในสภาวะวงจรเปิดและสภาวะลัดวงจร พลังงานไฟฟ้าที่ถูกส่งผ่านจะเป็นศูนย์ และที่จุดจุดหนึ่งค่าพลังงานที่ส่งจะมีค่าสูงสุด



รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน และกราฟกำลังไฟฟ้า

2.2.7 ฟิลล์แฟกเตอร์ (Fill Factor) เป็นตัวบ่งบอกถึงสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอัตราส่วนของค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและผลคูณของแรงดันไฟฟ้าวงจรถวายเปิดและกระแสลัดวงจร

$$\text{Fill Factor} = \frac{P_{\max}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{U_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.4)$$

ยิ่งค่าของฟิลล์แฟกเตอร์สูง จะแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมากขึ้น โดยปกติจะมีค่าที่มากกว่า 0.7

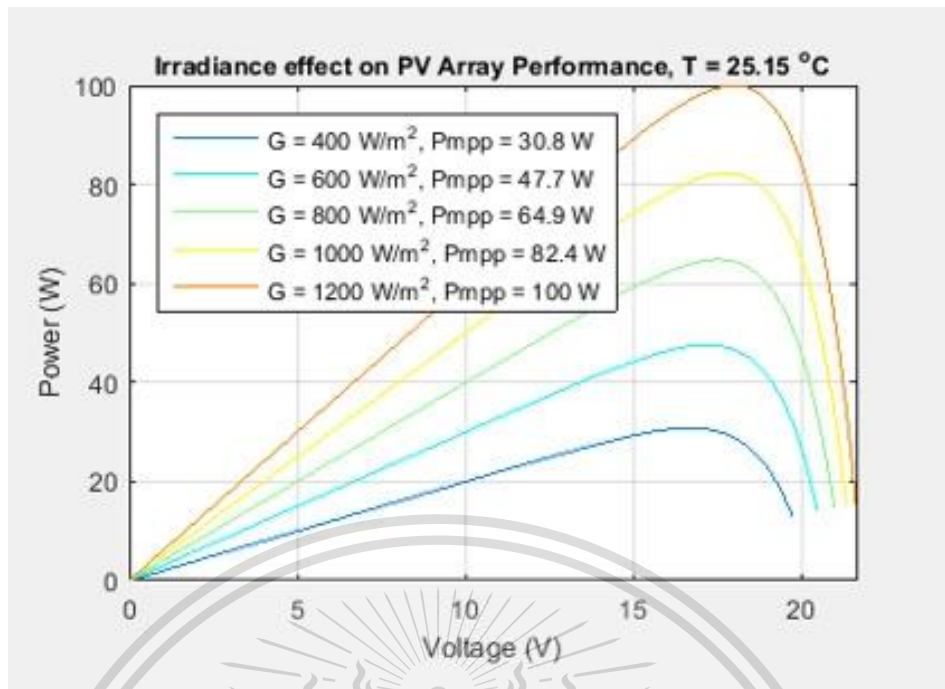
2.2.8 การปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking: MPPT) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในอินเวอร์เตอร์เซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อปรับอิมพีแดนซ์ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เห็นอย่างต่อเนื่อง และเพื่อทำให้การทำงานของระบบโฟโตโวลตาอิกจะทำงานอยู่ ณ จุดที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงของความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ หรือโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ การคัดลอกหรือการนำเนื้อหาไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

อัลกอริทึมเอ็มพีพีที (MPPT) มักจะถูกใช้ในการออกแบบตัวควบคุมของระบบโฟโตโวลตาอิก อัลกอริทึมจะรับปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าการแผ่รังสีที่เปลี่ยนแปลงและอุณหภูมิ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบจะสร้างพลังงานสูงสุดตลอดเวลา [6]

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

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



รูปที่ 2.2 กราฟความสัมพันธ์กำลังไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

ที่มีคุณลักษณะ I-V และ P-V ของระบบโฟโตโวลตาอิก

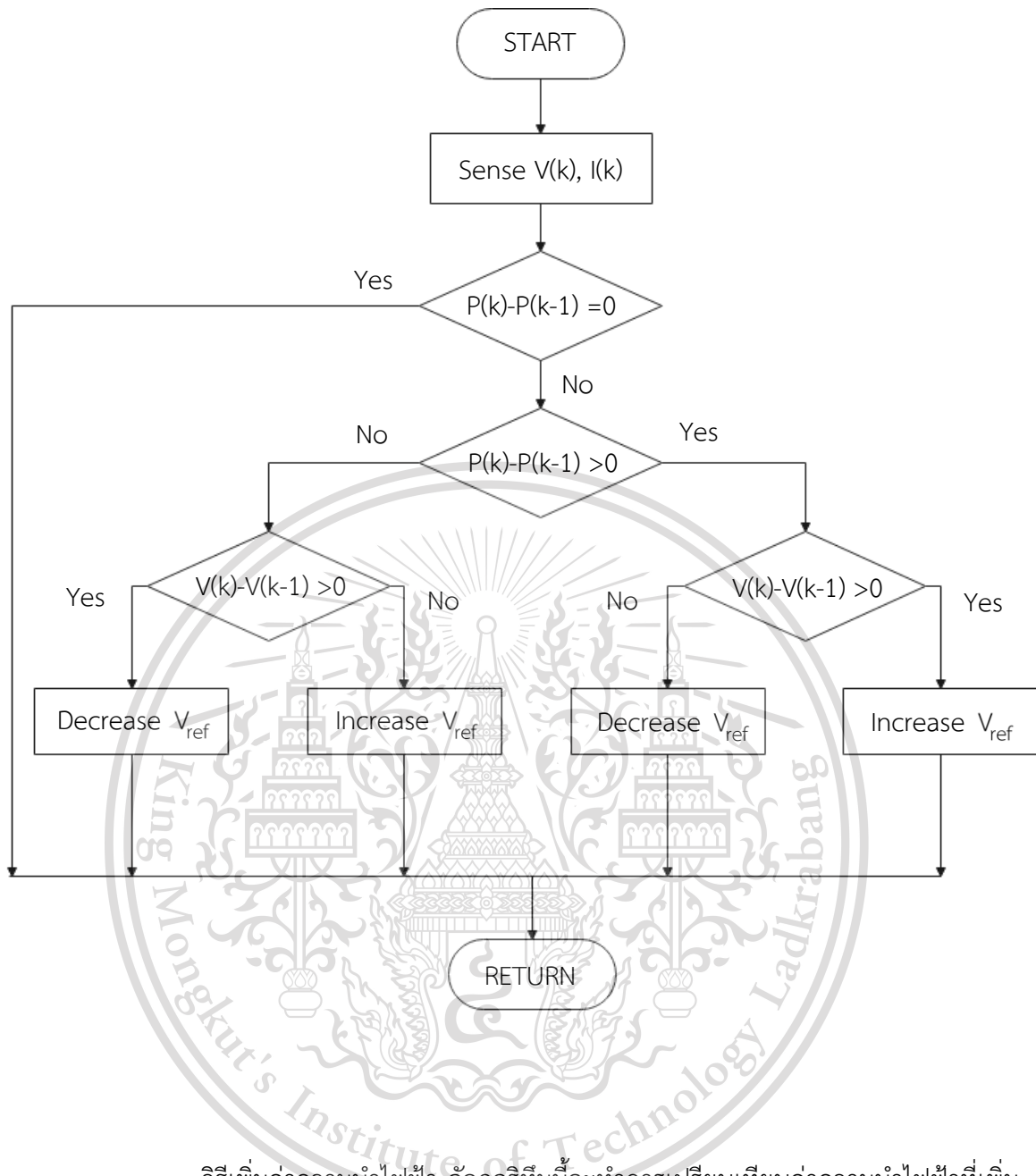
อัลกอริทึมเอ็มพีพีที (MPPT) ที่พบบ่อยที่สุด 3 ชนิด คือ

- วิธีการรบกวนและการสังเกต (Perturbation and observation : P&O) ถ้าอัลกอริทึมนี้เกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าในการทำงาน เพื่อให้แน่ใจว่ามีกำลังไฟฟ้าสูงสุด ในขณะที่อัลกอริทึมมีการยกระดับและปรับตัวแปรเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ดังอัลกอริทึมที่แสดงดังแผนผังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

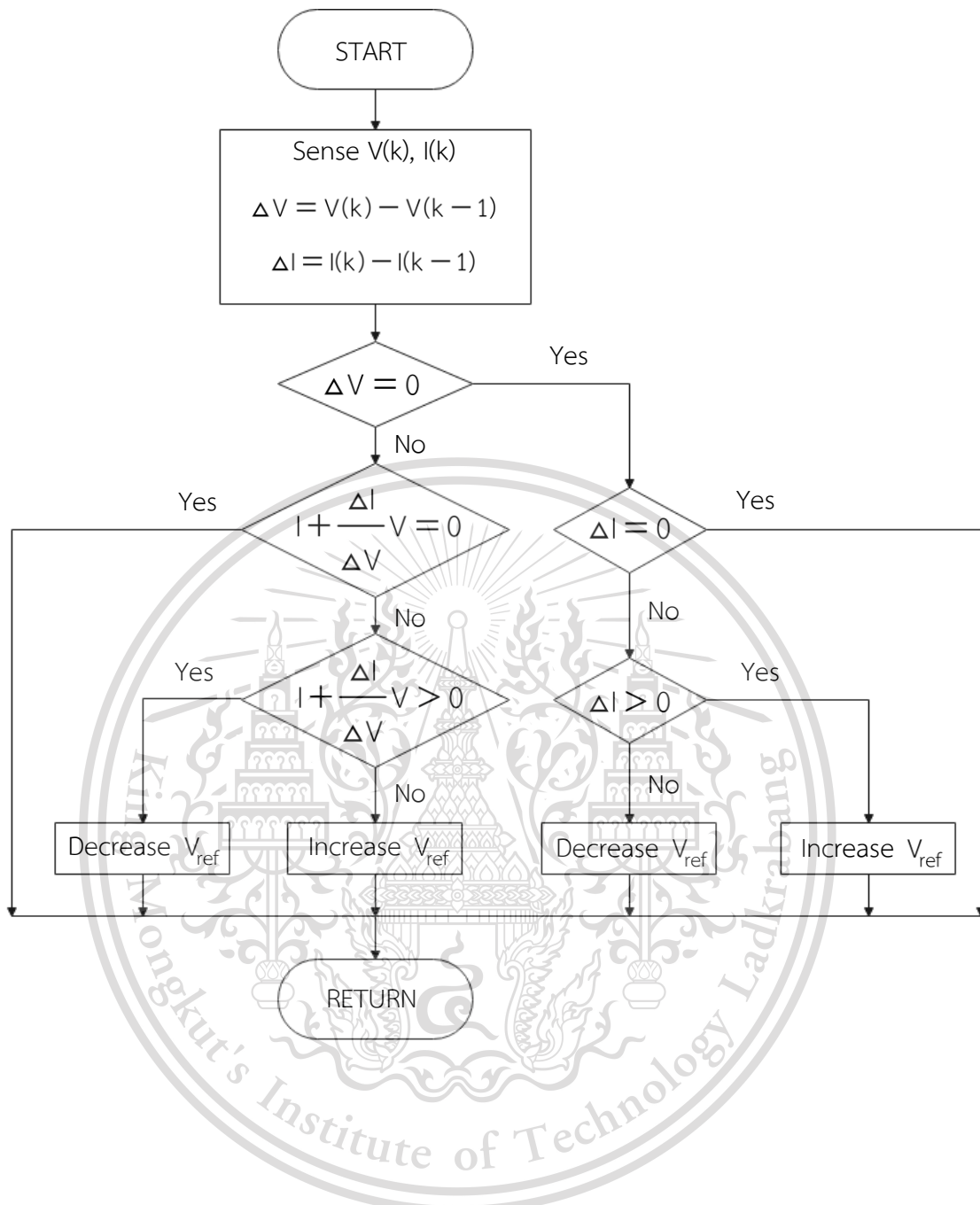


- วิธีเพิ่มค่าความนำไฟฟ้า อัลกอริทึมนี้จะทำการเปรียบเทียบค่าความนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นกับค่าความนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทันทีในระบบไฟโวลตาอิก เมื่อได้ผลลัพธ์ระบบจะทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจนกระทั่งถึงจุดที่กำลังไฟฟ้ามี่ค่าสูงที่สุด และจะคงที่อยู่ ณ จุดนั้น ตลอดการทำงานในแต่ละรอบ ดังอัลกอริทึมที่แสดงดังแผนผังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



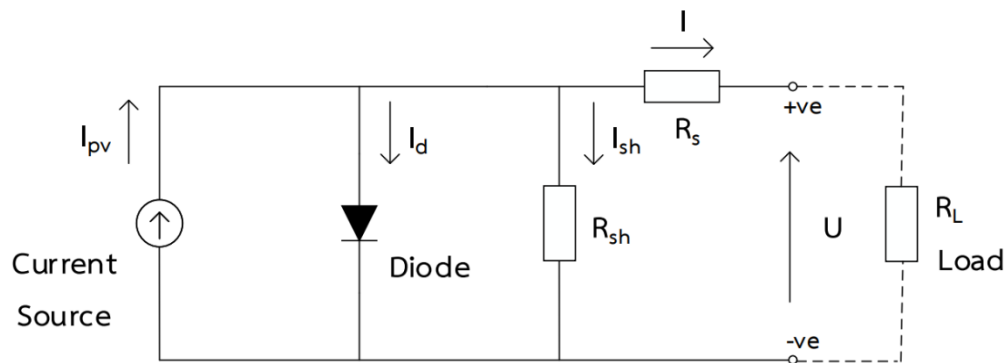
- วิธีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดแบบเศษ-ส่วน อัลกอริทึมนี้จะมีพื้นฐานมาจากหลักการที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าจะเป็นเศษส่วนคงที่ของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด และแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเซลล์แสงอาทิตย์ในโมดูลจะถูกวัดและใช้เป็นอินพุตของคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2.9 วงจรสมมูลสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพของแสงอาทิตย์  
วงจรสมมูลสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์จึงถูกใช้เพื่อวิเคราะห์ ดังรูปที่ 2.3 [5]



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลโมดูลโฟโตโวลตาอิก

จากวงจรสมมูลข้างต้น สมการพื้นฐานที่ได้ มีดังนี้

กระแสไหลต หน่วย แอมแปร์

$$I = I_{pv} - I_d - I_{sh} \quad (2.5)$$

แรงดันคร่อมตัวต้านทานขนั้ด

$$U_{sh} = U + IR_s \quad (2.6)$$

กระแสผ่านตัวต้านทานขนั้ด

$$I_{sh} = \frac{U_{sh}}{R_{sh}} = \frac{U + IR_s}{R_{sh}} \quad (2.7)$$

กระแสที่ไหลผ่านไดโอด

$$\text{หาได้จากสมการชอกลีย์} \quad I_d = I_0 \left[ e^{\frac{U_{sh}}{nV_T}} - 1 \right] \quad (2.8)$$

$$\text{และ} \quad V_T = \frac{KT}{q} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
จากสมการข้างต้น จะได้สมการคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนี้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$I = I_{pv} - I_0 \left[ e^{\frac{U + IR_s}{nVT}} - 1 \right] - \frac{U + IR_s}{R_{sh}} \quad (2.10)$$

ภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด การพิจารณาสมการอย่างง่ายในกรณีวงจรเปิดและลัดวงจร ในสภาวะวงจรเปิดที่กระแสเป็นศูนย์ จะได้สมการดังนี้

$$0 = I_{pv} - I_0 \left[ e^{\frac{U_{oc}}{nVT}} - 1 \right] - \frac{U_{oc}}{R_{sh}} \quad (2.11)$$

โดยทั่วไปแล้ว  $R_{sh}$  จะมีค่าสูงเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด พจน์สุดท้ายจึงมีค่าใกล้เคียงศูนย์ ทำให้สมการมีการลดรูปได้ดังนี้

$$U_{oc} \approx nV_T \ln \left[ \frac{I_{pv}}{I_0} + 1 \right] \quad (2.12)$$

เหมือนกับกรณีลัดวงจร ค่าแรงดันขาออกจะมีค่าเป็นศูนย์ สมการของกระแสลัดวงจรจะได้ดังนี้

$$I_{sc} = I_{pv} - I_0 \left[ e^{\frac{I_{sc} R_s}{nVT}} - 1 \right] - \frac{I_{sc} R_s}{R_{sh}} \quad (2.13)$$

สมมติว่า  $R_{sh}$  มีค่าสูงกว่า  $R_s$  อย่างมาก และ  $I_0$  มีค่าน้อย เมื่อเทียบกับค่า  $I$  ดังนั้นพจน์สุดท้ายสองพจน์จึงสามารถตัดออกได้ จะได้สมการดังนี้

$$I_{sc} \approx I_{pv} \quad (2.14)$$

ความต้านทานอนุกรม ( $R_s$ ) ความต้านทานขนัต์ ( $R_{sh}$ ) และแรงดันไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ ( $I_0$ ) ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยปกติเมื่อขนาดของเซลล์ยิ่งกว้าง ค่า  $I_0$  ก็จะมีค่าสูงขึ้นและค่า  $R_s$  และ  $R_{sh}$  จะลดลงอีกด้วย

สมการคุณลักษณะสามารถใช้เพื่อประเมินผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์หรือโมดูลแสงอาทิตย์ ยกตัวอย่างเช่น

- อุณหภูมิ มีผลต่อเซลล์โดยเป็นส่วนหนึ่งของเลขชี้กำลังและค่าแรงดันไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เลขชี้กำลังจะลดลง ในทางกลับกันแรงดันไฟฟ้าอิมิตัวย้อนกลับจะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ และยังส่งผลให้ลดแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเซลล์ โดยปกติแรงดันจะลดลง 0.3 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ต่อ อุณหภูมิ 1 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- ความต้านทานอนุกรม ( $R_s$ ) การเพิ่มขึ้นของความต้านทานส่งผลคล้ายกับอุณหภูมิ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ที่แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่จะเริ่มลดลง ค่าความต้านทานอนุกรมที่มีค่าสูงมากจะช่วยลดผลของกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

- ความต้านทานชัณฑ์ ( $R_{sh}$ ) เมื่อมีค่าลดลงจะทำให้กระแสชัณฑ์เพิ่มขึ้นและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ลดลงอีกด้วย

#### 2.4.10 ความหมายสัญลักษณ์

- สัญลักษณ์ทั่วไป

$I_{mpp}$  : ค่ากระแสที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด (A)

$I_{sc}$  : ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อลัดวงจร (A)

$U_{oc}$  : ค่าแรงดันเปิดวงจร (V)

$U_{mpp}$  : ค่าแรงดันที่ก่าลังไฟฟ้าสูงสุด (V)

- ระบบโฟโตโวลตาอิก

$E_{ma}$  : ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายปี ( $kWh / m^2$ )

$E_p$  : ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยประมาณที่ส่งออก (kWh)

$kW_p$  : ค่าพลังงานสูงสุดที่ได้ในการใช้งานจริง (kW)

$n$  : จำนวนของโมดูล

$\eta_t$  : ค่าตัวคูณลดของอุณหภูมิ

$P_{max}$  : ค่าก่าลังไฟฟ้าสูงสุด (W)

$T_s$  : ค่าอุณหภูมิบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (k)

$T_{stc}$  : ค่าอุณหภูมิที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน,  $25^\circ C$  , (k)

$W_p$  : พลังงานสูงสุดของโมดูลตัวเดียว (W)

$\eta$  : ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่นำมาใช้ประกอบแผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลึกทั้งห้าฉบับให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- Y : ค่าสัมประสิทธิ์กำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
- วงจรสมมูล
- I : ค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลด (A)
- $I_d$  : ค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอด (A)
- $I_{pv}$  : ค่ากระแสที่ได้เกิดจากแสง (A)
- $I_{sh}$  : ค่ากระแสผ่านตัวต้านทานชัณฑ์ (A)
- $R_s$  : ตัวต้านทานอนุกรมในวงจรสมมูล ( $\Omega$ )
- $R_{sh}$  : ตัวต้านทานชัณฑ์ในวงจรสมมูล ( $\Omega$ )
- U : แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับโหลด (V)
- $U_{sh}$  : แรงดันคร่อมตัวต้านทานชัณฑ์ (V)
- สมการไดโอดของชอกลีย์
- $I_o$  : กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (A)
- k : ค่าคงที่ของบ็อลทซ์มันน์  $= (1.3806488 \times 10^{-23}), \text{J.K}^{-1}$
- n : ค่าตัวประกอบทางอุดมคติ (มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับไดโอดในอุดมคติ)
- q : ค่าประจุมูลฐาน  $= (1.602176565 \times 10^{-19}), \text{C}$
- T : ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของรอยต่อ p-n (K)
- $V_T$  : ค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## 2.3 แบตเตอรี่ [7]

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์หนึ่งที่ประกอบด้วยเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับอุปกรณ์นั้นๆ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) และแบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery) โดยแบตเตอรี่ปฐมภูมิ หมายถึง แบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จจนเต็มมาจากโรงงาน ซึ่งเมื่อใช้ไฟในแบตเตอรี่จนหมดก็ไม่สามารถกลับนำมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่นาฬิกา แบตเตอรี่ไฟฉาย เป็นต้น ส่วนแบตเตอรี่ทุติยภูมิ แบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จใหม่ได้ เมื่อแบตเตอรี่มีไฟที่อ่อนลง เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ หรือแบตเตอรี่เซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกออกแบบเพื่อให้การจ่ายประจุมีค่าแรงดันไฟฟ้าคงที่อย่างต่อเนื่อง โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าในเวลากลางวันเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสง ไม่สามารถเก็บพลังงานได้ แต่เมื่อต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนจะต้องมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บพลังงาน แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่

- แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) เป็นเทคโนโลยีล่าสุดในตลาด มักพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระดับสูง เช่น โทรศัพท์มือถือและแล็ปท็อป แบตเตอรี่ Li-ion ไม่ได้ถูกใช้ในแอปพลิเคชันโซลาร์ PV ในบ้านเนื่องจากมีราคาสูง และเมื่อเทียบกับขนาดและน้ำหนักของแบตเตอรี่ Li-ion มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูง โดยเฉลี่ยแบตเตอรี่ Li-ion สามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปีนับจากวันผลิตขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน
- แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุด อายุการใช้งานตั้งแต่ 2 ถึง 10 ปี แบตเตอรี่ตะกั่วกรดสามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 โวลต์ 6 โวลต์ และ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด การติดตั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้ ต้องติดตั้งในสถานที่ที่มีการระบายอากาศเพียงพอ

### 2.3.1 ข้อมูลจำเพาะของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เก็บสำหรับพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็น วัตต์ ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ ชั่วโมง (kWh) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แบตเตอรี่ขนาดใหญ่สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ขนาดของแบตเตอรี่แสดงเป็นความจุ (C) หน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) โดยแบตเตอรี่ 12 โวลต์ความจุ C = 100 แอมแปร์-ชั่วโมง สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้ 1,200 วัตต์ ชั่วโมง (12 โวลต์ × 100 แอมแปร์-ชั่วโมง = 1,200 วัตต์ ชั่วโมง) ซึ่งหมายความว่า จะดึงกระแส 1 แอมแปร์ แบตเตอรี่จะสามารถจ่ายกระแสได้นาน 100 ชั่วโมงเมื่อชาร์จเต็ม

### 2.3.2 ระดับการชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต  
สถานะการชาร์จประจุแบตเตอรี่ (Stage of Charge, SoC) จะใช้อธิบายระดับประจุ ไม่ว่าจะกรณีใดในแบตเตอรี่ นั่นคือประจุเต็มหรือประจุหมด หน่วยการวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) เช่น แบตเตอรี่ที่ชาร์จ

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

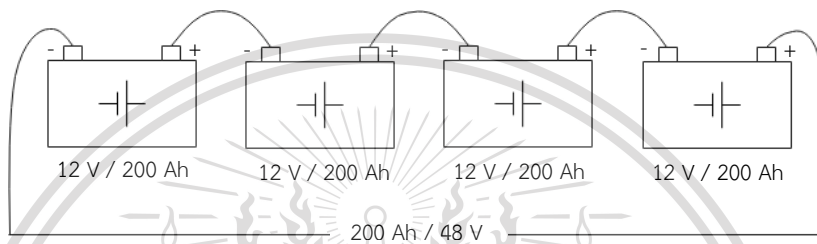
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เต็มมี SoC 100% หรือแบตเตอรี่ที่ว่างเปล่ามี 0% SoC ค่า SoC สามารถกำหนดโดยการวัดแรงดันไฟฟ้าแต่ไม่น่าเชื่อถือเสมอไป ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาอย่างอื่นประกอบด้วย

### 2.3.3 การต่อแบตเตอรี่ขนาดใหญ่

#### - การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

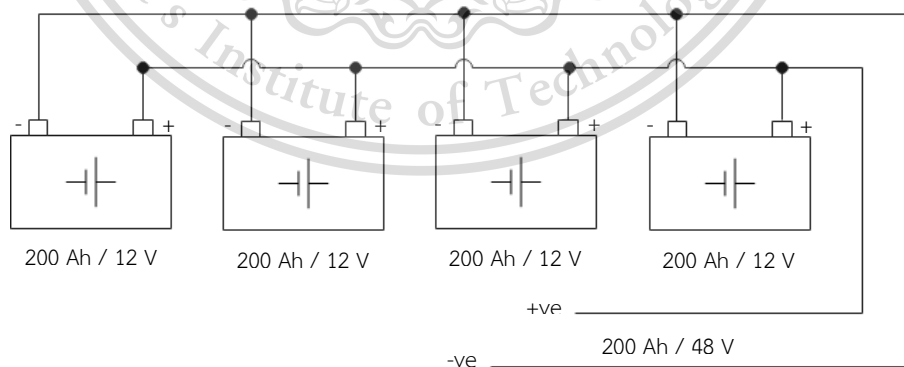
ตัวอย่างเช่น ถ้ามีแบตเตอรี่ 4 ก้อนขนาดพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์และต่อแบบอนุกรม กำลังไฟฟ้ารวมจากแบตเตอรี่จะเท่ากับ 48 โวลต์, 200 แอมแปร์-ชั่วโมง สำหรับการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ก้อนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

#### การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

ตัวอย่างเช่นหากมีแบตเตอรี่สี่ก้อนขนาดพิกัด 200 แอมแปร์-ชั่วโมง / 12 โวลต์ และมีการต่อแบบขนานพลังงานขาออกทั้งหมดจากแบตเตอรี่แบงก์ (Battery bank) จะเป็น 12 โวลต์, 200 แอมแปร์-ชั่วโมง ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนานขั้วลบของแบตเตอรี่จะต้องเชื่อมต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไปและขั้วบวกจะต้องเชื่อมต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ตัวถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## 2.4 เครื่องจักรรถยนต์ไฟฟ้าความเร็วสูงระดับ 1, 2 และไฟฟ้ากระแสตรง [8]

เครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแบ่งออกเป็นสามประเภทคือการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 1 การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 2 และการอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ความแตกต่างอย่างหนึ่งระหว่างสามระดับนี้คือแรงดันไฟฟ้าขาเข้า การอัดประจุระดับ 1 ใช้แรงดัน 110/120 โวลต์ การอัดประจุระดับ 2 ใช้แรงดัน 208/240 โวลต์และการอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรงใช้แรงดันระหว่าง 200 ถึง 600 โวลต์

### 2.4.1 การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 1

การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 1 นั้นประหยัดค่าใช้จ่ายโดยใช้เต้าเสียบ 110 โวลต์แบบมาตรฐานทำให้ผู้ขับขี่ ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถใช้ชุดสายสำหรับอัดประจุที่เหมือนกับรถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ได้เกือบทุกที่ การอัดประจุแบบนี้ใช้เวลาที่นานที่สุดและใช้เป็นการอัดประจุเพิ่มเติมฉุกเฉินหรือสำรองเป็นหลัก

การอัดประจุระดับ 1 อาจเป็นวิธีแก้ปัญหาที่ใช้งานได้ในที่อยู่อาศัยหลายยูนิตเช่นอพาร์ทเมนต์หรือคอนโดมิเนียมและสถานที่ทำงานบางแห่ง การอัดประจุระดับ 1 ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในที่ส่วนที่จอดรถหรือโรงรถส่วนบุคคล ที่จอดรถของผู้อยู่อาศัย เมื่อเทียบกับการอัดประจุด้วยแรงดัน 240 โวลต์ด้วยเอาต์พุตที่สูงกว่าจะทำให้เกิดความคุ้มค่ากว่าเนื่องจากมีความสามารถในการอัดประจุที่มากกว่าในราคาที่ติดตั้งที่เทียบเท่า

เอาต์พุตของการการอัดประจุระดับ 1 จะแตกต่างกันเล็กน้อย แต่โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ระหว่าง 12 แอมป์ถึง 16 แอมป์ของการอัดประจุต่อเนื่อง ที่ระดับเอาต์พุตเหล่านี้เครื่องอัดประจุระดับ 1 คาดว่าจะให้ระยะการชาร์จระหว่าง 3.5 ถึง 6.5 ไมล์ต่อชั่วโมง อัตราการอัดประจุเหล่านี้อาจเป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้ขับขี่ที่ไม่ได้ขับรถเกิน 30-40 ไมล์ต่อวันและผู้ที่สามารถใช้ที่ชาร์จข้ามคืนได้

### 2.4.2 การอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าระดับ 2

เครื่องอัดประจุระดับ 2 เป็นวิธีการอัดประจุทั่วไปสำหรับการตั้งค่าที่อยู่อาศัยและเชิงพาณิชย์หรือที่ทำงาน ส่วนใหญ่ให้กำลังขับที่สูงกว่าเครื่องอัดประจุระดับ 1 และมีฟังก์ชันเพิ่มเติมที่ไม่สามารถใช้ได้กับเครื่องอัดประจุระดับ 1 โดยทั่วไปเครื่องการอัดประจุระดับ 2 จะแตกต่างกันระหว่างเครื่องอัดประจุแบบไม่เชื่อมต่อเครือข่ายและเครื่องอัดประจุแบบเชื่อมต่อเครือข่าย

#### 1.) เครื่องอัดประจุแบบไม่เชื่อมต่อเครือข่าย

เครื่องอัดประจุระดับ 2 ที่ไม่มีเครือข่ายใช้ทั้งในที่อยู่อาศัยแบบครอบครัวเดี่ยวและที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ NECTEC 2564.สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและการค้า

อยู่อาศัยหลายยูนิต อาจได้รับการออกแบบมาสำหรับการใช้งานในร่มหรือกลางแจ้ง เช่น NEMA 3R, NEMA 6P และ NEMA 4x โดยทั่วไปจะผลิตกระแสไฟฟ้าระหว่าง 16 ถึง 40 แอมป์ซึ่งสามารถส่งมอบ

ช่วงไฟฟ้าระหว่าง 14 ถึง 35 ไมล์ต่อชั่วโมงของการอัดประจุ สิ่งเหล่านี้ทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องอัดประจุระดับ 1 อย่างไรก็ตามหากมีใบอนุญาตไฟฟ้าเพื่อติดตั้งวงจรเฉพาะสำหรับการอัดประจุยานยนต์

ส่วนใหญ่มักจะคุ้มค่ากว่าที่จะติดตั้งวงจร 240 โวลต์สำหรับการอัดประจุระดับ 2 เครื่องอัดประจุระดับ 2 ที่ไม่มีเครือข่ายมีประโยชน์สำหรับการติดตั้งที่อยู่อาศัยหลายยูนิตหรือที่อยู่อาศัยเชิงพาณิชย์ที่จ่ายกำลังไฟโดยโดยแผงย่อยของผู้อยู่อาศัยหรือผู้เช่า ในกรณีนี้ไฟฟ้าที่ใช้โดยเครื่องอัดประจุจะถูกเรียกเก็บจากค่าไฟฟ้าของแต่ละบุคคลดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องแยกมิเตอร์เครื่องอัดประจุ เครื่องอัดประจุระดับ 2 ที่ไม่มีเครือข่ายจะมีประโยชน์สำหรับผู้ใช้นานยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการพลังงานสูงกว่าการชาร์จระดับ 1 แต่ไม่มีงบประมาณมาก เครื่องอัดประจุระดับ 2 มีให้เลือกใช้กับกำลังขับที่หลากหลาย ตั้งแต่ 16-40 แอมป์โดยที่ชาร์จแบบไม่เชื่อมต่อเครือข่ายจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าเครื่องชาร์จในเครือข่ายเล็กน้อย ดังนั้นหากเจ้าของที่อยู่อาศัยไม่จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันการชาร์จแบบเครือข่าย

## 2.) เครื่องอัดประจุแบบเชื่อมต่อเครือข่าย

เครื่องอัดประจุระดับ 2 แบบเชื่อมต่อเครือข่ายจะผลิตกระแสไฟฟ้าระหว่าง 16 ถึง 40 แอมป์ซึ่งสามารถส่งมอบช่วงไฟฟ้าระหว่าง 14 ถึง 35 ไมล์ต่อชั่วโมงของการชาร์จและในบางกรณีกระแสไฟฟ้าก็สามารถปรับได้ รวมทั้งยังมีคุณสมบัติขั้นสูงบางอย่างเช่น การควบคุมระยะไกลผ่าน Wi-Fi หรือการเชื่อมต่อเซลล์ลูลาร์เพื่อควบคุมรูปแบบการชำระเงินและการจัดสรรภาระงานในเครื่องชาร์จหลายเครื่อง เครื่องอัดประจุแบบเชื่อมต่อเครือข่ายมีประโยชน์สำหรับสถานที่ที่ต้องการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในเครื่องชาร์จหลายเครื่องที่ประกอบไปด้วยไดรเวอร์หลายตัวที่ใช้อุปกรณ์ชาร์จเพียงเครื่องเดียวหรือต้องชำระเงินสำหรับการใช้ที่อัดประจุเช่นเดียวกับสถานที่ที่มีความจุไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับสมดุลของโหลด เครื่องอัดประจุแบบเชื่อมต่อเครือข่ายบางรุ่นยังสามารถจำกัดการอัดประจุเป็นบางชั่วโมงซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถเพิ่มโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามเวลาในการใช้งานและอนุญาตให้ชาร์จเฉพาะเมื่อกระแสไฟฟ้าถูกที่สุด การควบคุมประเภทนี้ยังเพิ่มโอกาสในการเข้าร่วมโปรแกรมที่ตอบสนองความต้องการสาธารณูปโภค ดังนั้นในขณะที่เครื่องอัดประจุแบบเครือข่ายมีราคาแพงกว่าเครื่องอัดประจุแบบไม่ใช้เครือข่าย แต่ก็มีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายกว่าและสามารถให้ตัวเลือกเพิ่มเติมสำหรับสถานที่ทำงานไซต์เชิงพาณิชย์หรือที่อยู่อาศัยหลายยูนิต

### 2.4.3 การอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเครื่องอัดประจุนานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสูงสุดในตลาด มักใช้เป็นตัวขยายช่วงตามเส้นทางการเดินทางที่สำคัญสำหรับการเดินทางระยะไกลและในสภาพแวดล้อมในเมืองเพื่อรองรับผู้ขับขี่โดยไม่ต้องชาร์จไฟที่บ้านหรือผู้ขับขี่ระยะทางที่สูงมาก เครื่องอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรงส่วนใหญ่ในตลาดให้บริการในอัตรา 25-50 กิโลวัตต์ ด้วยความเร็วในการชาร์จปัจจุบันเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับสถานที่ที่บุคคลใช้เวลา 30 นาทีถึงหนึ่งชั่วโมง เครื่องอัดประจุแบบเร็วด้วยไฟฟ้ากระแสตรง มีอยู่ในปัจจุบันต้องใช้อินพุต 480 โวลต์และ 100 แอมป์ขึ้นไป และสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าเต็มรูปแบบสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าระยะ 100 ไมล์ในเวลามากกว่า 30 นาทีเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเครื่องชาร์จแบบเร็ว DC รุ่นใหม่กำลังได้รับการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม กรุณาแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

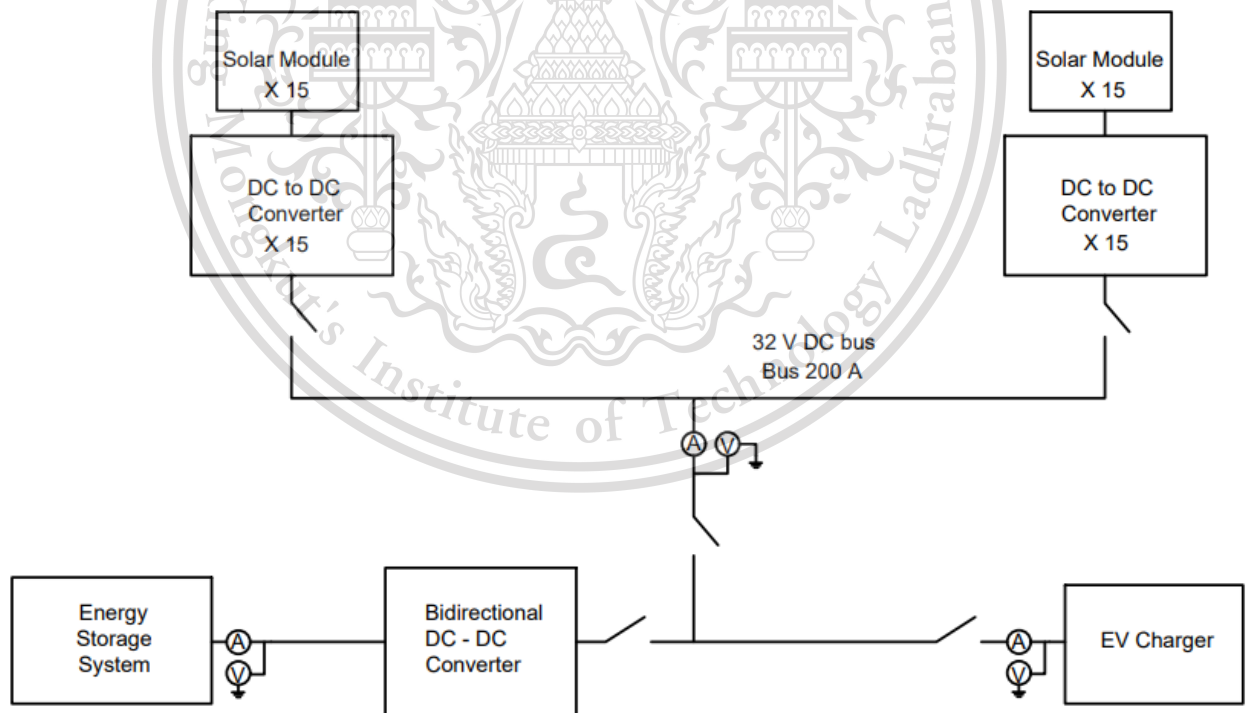
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### บทที่ 3

#### การออกแบบและจำลองระบบด้วยโปรแกรมในระบบคอมพิวเตอร์

ในปฏิญานีพนธ์นี้เป็นการพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะทำให้การศึกษาการออกแบบและจำลองการทำงานของระบบภายในขอบเขตของกริดที่ครอบคลุมไปตามความยาวถนน เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับแท่นอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีฉุกเฉินที่ยานยนต์ไฟฟ้านั้นแบตเตอรี่ไม่เพียงพอในการขับเคลื่อนไปถึงจุดหมาย โดยโครงสร้างระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงจะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนระบบกักเก็บพลังงานและแท่นอัดประจุ ซึ่งเชื่อมกันด้วยบัสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.1

สำหรับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนในระบบจะเป็นพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบระบบจะเป็นการจำลองการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ตามเสาไฟถนนทั้งหมด 30 โหมดูล ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตของกริด คือ บริเวณถนนตามความยาวหนึ่งกิโลเมตร โดยในบริเวณส่วนตรงกลางของกริดนั้นจะประกอบไปด้วยแบตเตอรี่ที่เป็นระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) รวมไปถึงแท่นอัดประจุสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (EV Charger)



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.1 ได้อะแกรมเส้นเดียวสำหรับโครงสร้างระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้านการค้า

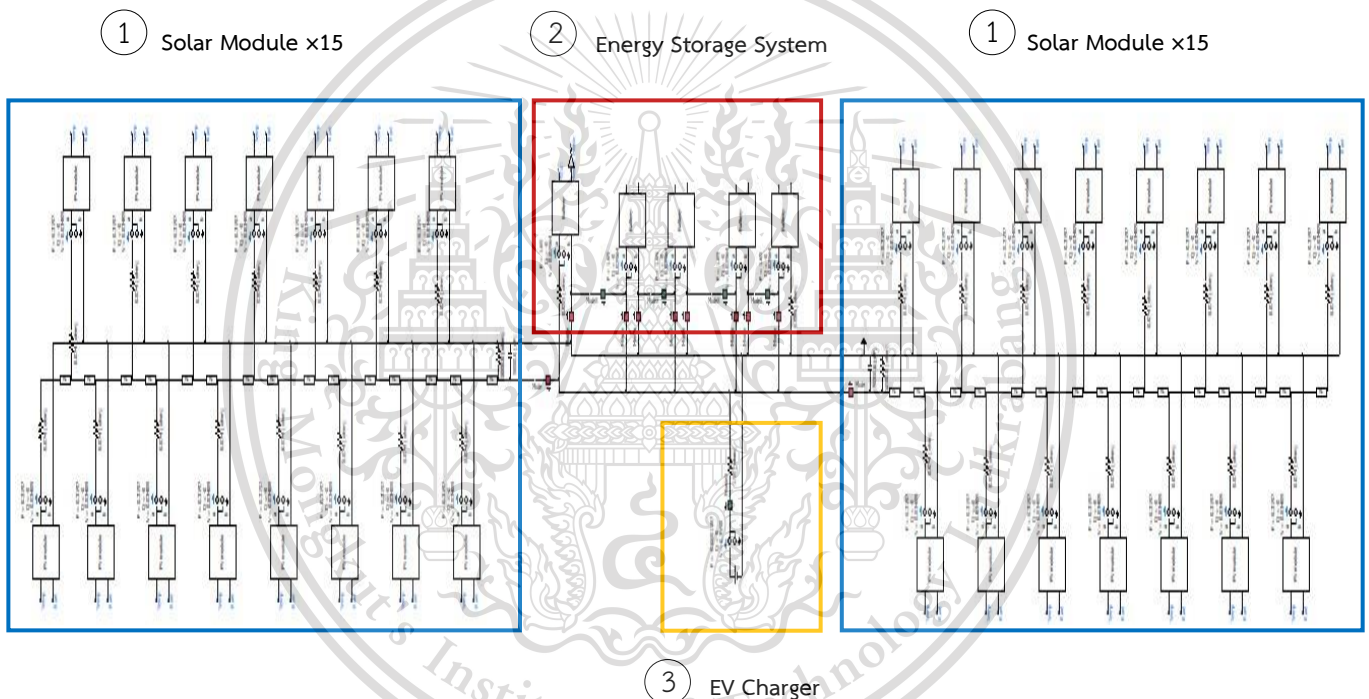
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากโครงสร้างของระบบในรูปที่ 3.1 ได้ทำการการออกแบบวงจรต่างๆที่ถูกใช้ภายในกริด โดยใช้โปรแกรมจำลองระบบคอมพิวเตอร์ PSCAD ซึ่งได้มีการออกแบบวงจรให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านวงจรกำลังและวงจรควบคุมเพื่อนำมาเชื่อมกันภายในกริด โดยในการจำลองระบบจะมีการตั้งค่าพารามิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโปรแกรม PSCAD แสดงในภาคผนวก ข

จากการจำลองระบบในโปรแกรม PSCAD สามารถต่อวงจรเป็นโครงสร้างจำลองระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจะแบ่งการทำงานของโปรแกรมออกได้เป็น 3 ส่วน หัวข้อที่ 3.1 เป็นส่วนของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน หัวข้อที่ 3.2 จะเป็นส่วนของระบบกักเก็บพลังงาน และหัวข้อที่ 3.3 เป็นส่วนของแท่นอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า โดยจากโครงสร้างมีการควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์ในการควบคุมการไหลของพลังงานดังรูปที่ 3.3

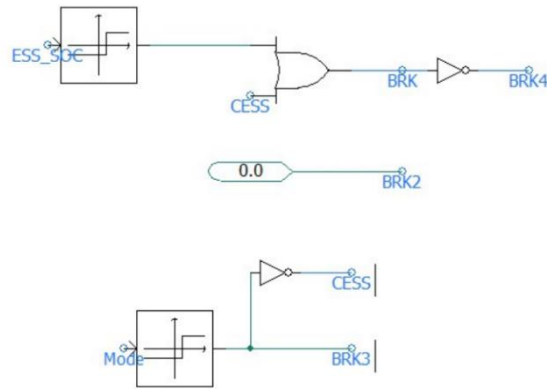


รูปที่ 3.2 โครงสร้างจำลองระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรง ในโปรแกรมจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.3 ตัวควบคุมเซอร์กิตเบรกเกอร์ในการควบคุมการไหลของพลังงาน ในโปรแกรมจำลอง

### 3.1 แหล่งจ่ายพลังงานทดแทน

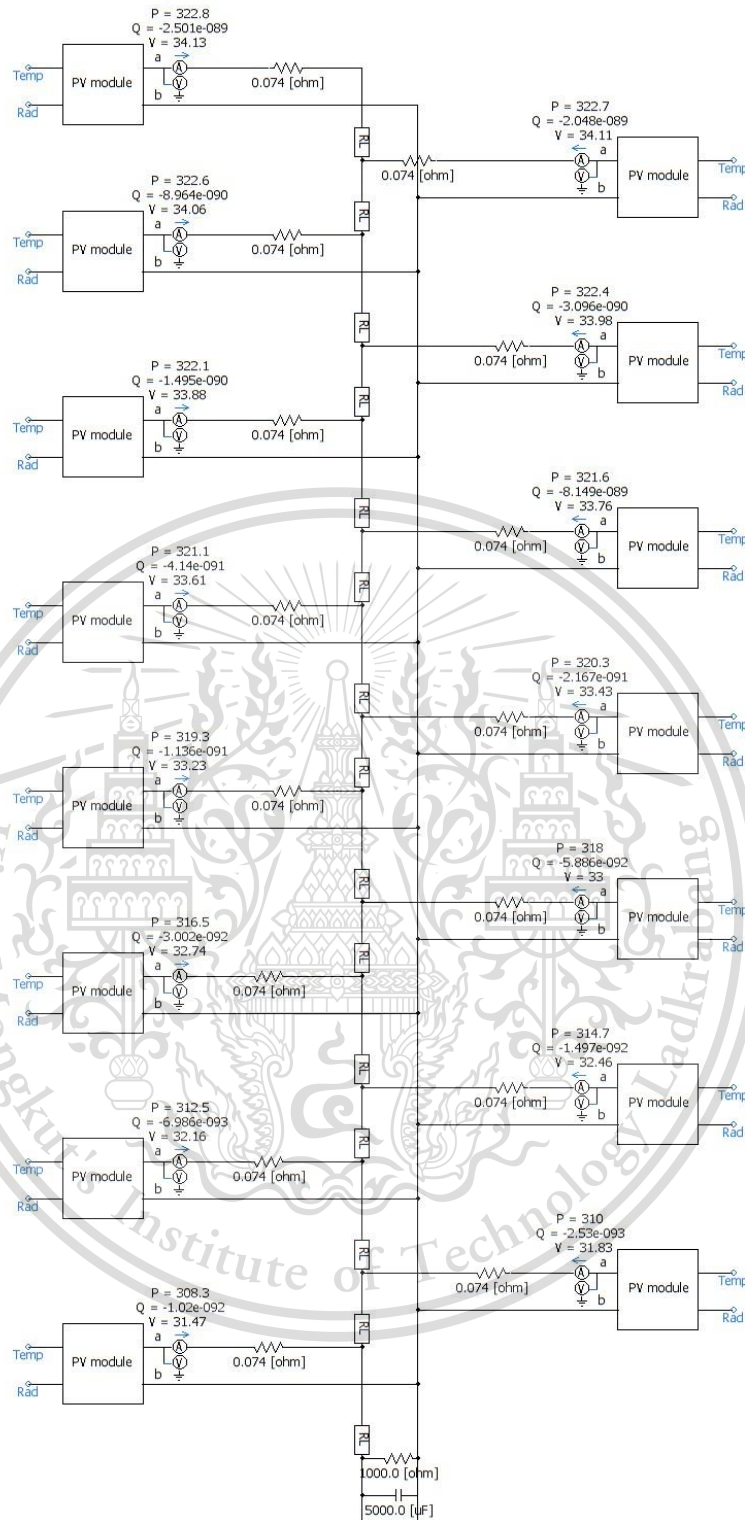
ในส่วนที่ 1 เป็นส่วนของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดภาระการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้า รวมไปถึงพลังงานไฟฟ้าที่ได้มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากรูปที่ 3.4 ภายในขอบเขตกริดจะมีแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือ Photovoltaics module (PV module) ทั้งหมด 30 PV module โดยแต่ละโมดูลจะผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดประมาณ 330 วัตต์ ที่แรงดันประมาณ 34.1 โวลต์

จากรูปที่ 3.15 Photovoltaics module แต่ละโมดูลจะประกอบไปด้วย วงจรกำลัง และวงจรควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ ซึ่งใช้สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยมีการเก็บเกี่ยวพลังงานของแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำได้โดยการใช้ระบบการปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPPT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



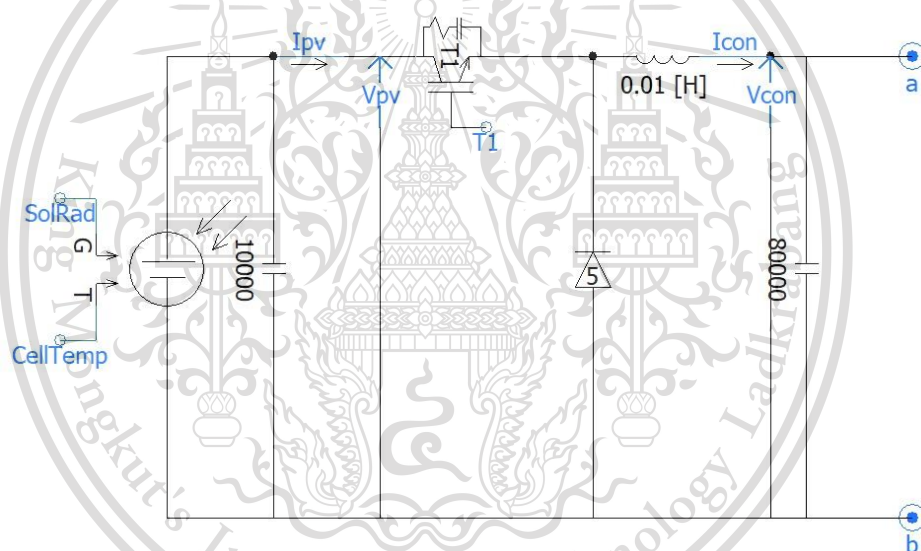
เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.4 โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์บางส่วน ในระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรง ในโปรแกรม การค้า  
จำลอง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

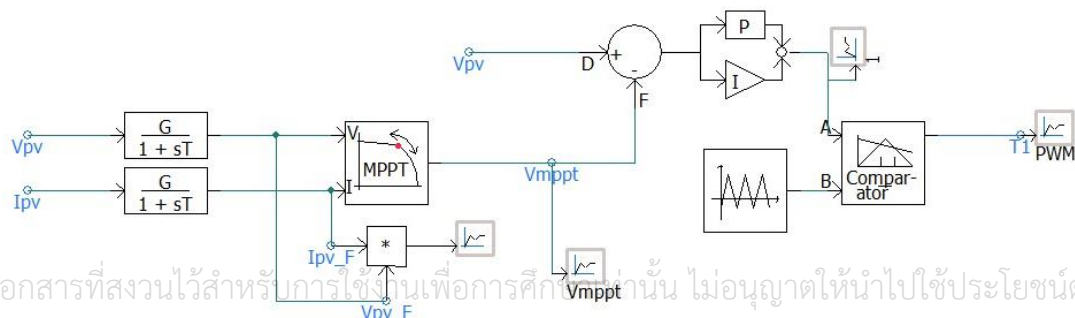
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 3.5 วงจรกำลังเซลล์แสงอาทิตย์ ของระบบประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระเชื่อมต่อกับระบบควบคุมการปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้สูงสุด สำหรับนำมาประยุกต์ใช้กับวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) โดยตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำในวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เป็นวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้คงที่ และทำให้การแปลงแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับป้อนสู่อเอาต์พุต ซึ่งก็คือการอัดประจุพลังงานลงแบตเตอรี่ เนื่องจากแรงดันที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะมีค่ามากกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่

สำหรับระบบควบคุมการปรับตำแหน่งสูงสุด ดังรูปที่ 3.6 วงจรควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ จะใช้อัลกอริทึม (Algorithm) ทำการคำนวณจุดที่กำลังไฟฟ้สูงสุด และติดตามแรงดันและกระแสที่จุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานที่จุดกำลังไฟฟ้สูงสุด โดยอัลกอริทึมในวงจรควบคุมทำงานโดยการเปรียบเทียบกำลังและกระแสไฟฟ้เซลล์แสงอาทิตย์ในการหาจุดที่กำลังสูงสุด จากนั้นอาศัยการปรับแรงดันไฟฟ้เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้ที่จุดกำลังไฟฟ้สูงสุด



รูปที่ 3.5 วงจรกำลังเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

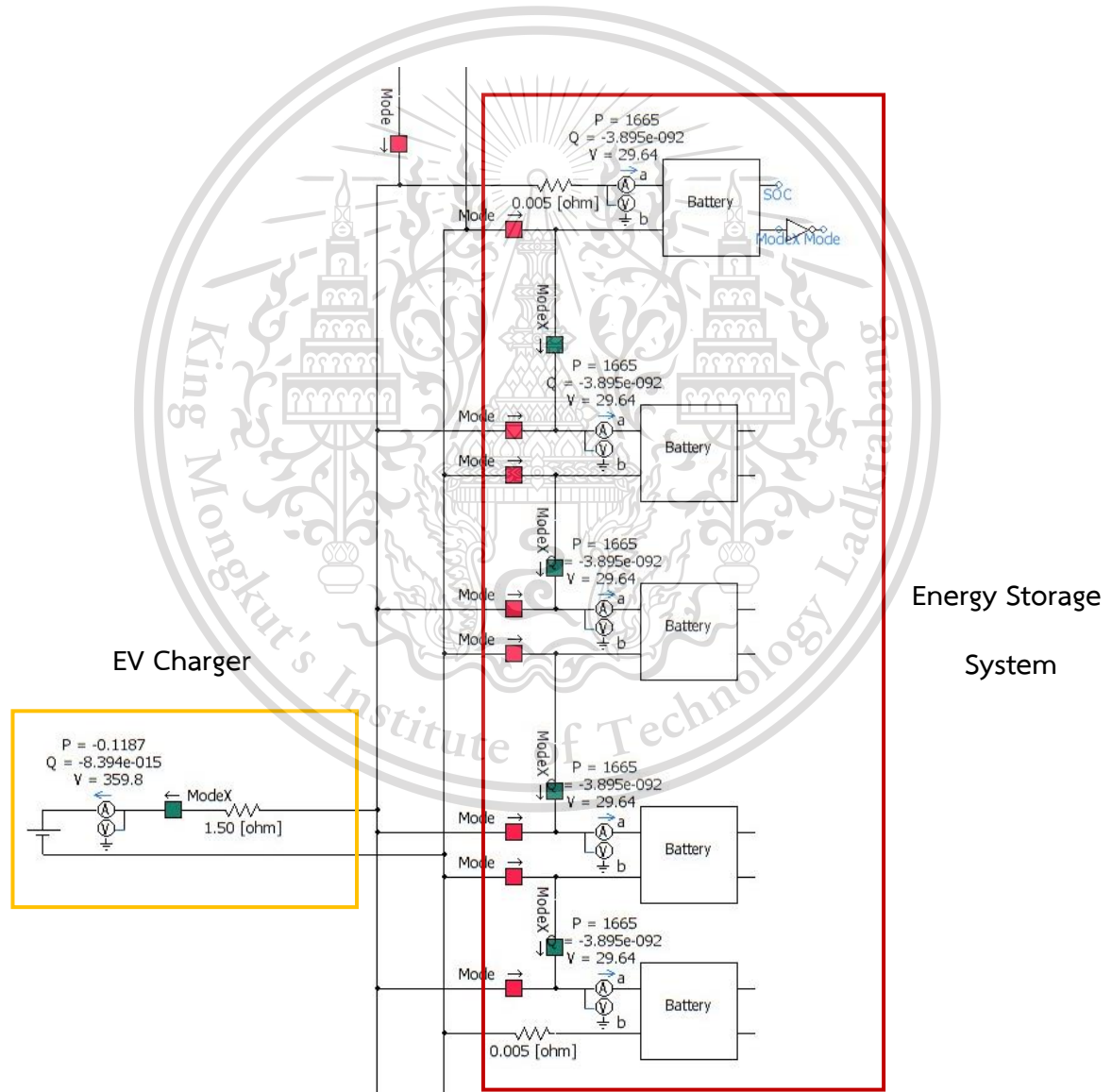
This material is reserved for educational use only. รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง commercial use.

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

### 3.2 ระบบกักเก็บพลังงาน

ในส่วนที่ 2 เป็นส่วนของวงจรจำลองที่ทำหน้าที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ภายในกริด โดยระบบหรืออุปกรณ์สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่นเพื่อกักเก็บไว้ใช้งานในเวลาที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยรักษาสมดุลและความน่าเชื่อถือให้กับกริด เนื่องจากกำลังการผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาจะเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง

จากรูปที่ 3.7 ระบบกักเก็บพลังงานภายในกริดจะประกอบไปด้วยโมดูลแบตเตอรี่ต่อขนานกันทั้งหมด 5 โมดูล โดยมีการชาร์จประจุไฟฟ้า (Charge) ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ภายใน กริด และคายประจุ (Discharge) ไปยังแท่นอัดประจุสำหรับชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า

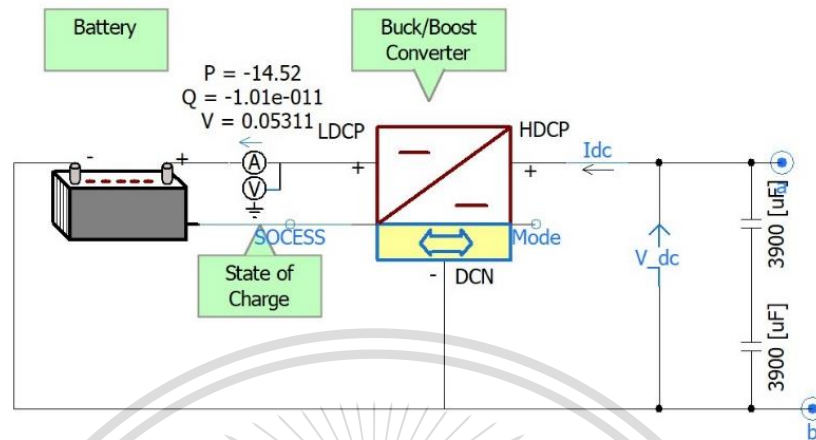


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.7 ระบบกักเก็บพลังงานและแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ในระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ พงศกษัตริย์ที่มีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกประการที่ปรากฏไว้ใช้  
 กระแสตรง ในโปรแกรมจำลอง

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

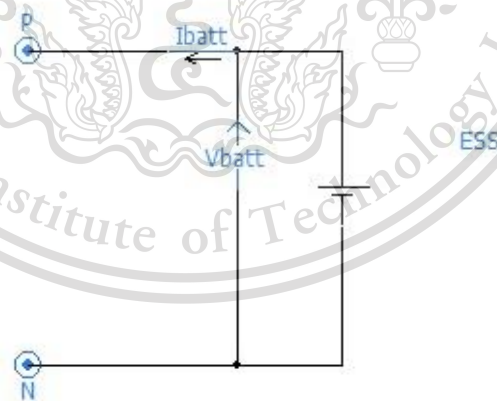
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 3.8 แบตเตอรี่แต่ละโมดูลจะประกอบไปด้วย วงจรแบตเตอรี่และวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง (Bidirectional DC-DC Converter) ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 แบตเตอรี่แต่ละโมดูล ในโปรแกรมจำลอง

แบตเตอรี่ในวงจรจะทำหน้าที่ในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าหรือชาร์จพลังงานที่ผลิตได้ภายในกริด และจะมีการคายประจุเมื่อแบตเตอรี่ถูกเชื่อมต่อเข้ากับโหลดหรือแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้า



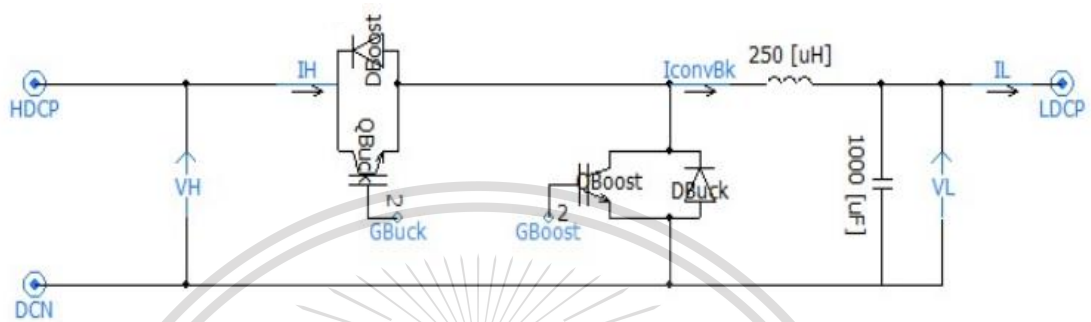
รูปที่ 3.9 วงจรแบตเตอรี่ ในโปรแกรมจำลอง

ในระบบกักเก็บพลังงานจะนำคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางเข้ามาใช้เพื่อควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่ ซึ่งที่ด้านแรงดันต่ำของวงจรจะเชื่อมต่อกับวงจรแบตเตอรี่ และด้านแรงดันสูงจะเชื่อมต่อกับวงจรเชื่อมโยงทางดีซี โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง

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

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

จะประกอบไปด้วยวงจรถักคอนเวอร์เตอร์และวงจรมุสคอนเวอร์เตอร์ที่ต่อร่วมกัน จึงทำให้วงจรถักคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางมีความสามารถในการควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าไป-กลับสองทิศทาง ซึ่งตัวควบคุม (Controller) จะเป็นตัวจัดการให้คอนเวอร์เตอร์แต่ละตัวทำงาน โดยเมื่อวงจรถักคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางทำงานในโหมดบัคคอนเวอร์เตอร์ วงจรจะทำการชาร์จแบตเตอรี่ และเมื่อวงจรถักคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางทำงานในโหมดบูสคอนเวอร์เตอร์ วงจรจะทำหน้าที่ในการคายประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.10 วงจรถักคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง ในโปรแกรมจำลอง

### 3.3 แทน้อัดประจุ

ในส่วนที่ 3 เป็นส่วนแทน้อัดประจุสำหรับโหลดในระบบนาโนกริดที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.7 เมื่อแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าเชื่อมต่อกับแทน้อัดประจุไฟฟ้า ระบบกริดจะทำการเปลี่ยนการเชื่อมต่อของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าของกริดจากการต่อแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม และปรับให้มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 600 โวลต์ เพื่ออัดประจุให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## บทที่ 4

### ผลการจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

#### 4.1 กรณีจำลองและศึกษาระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

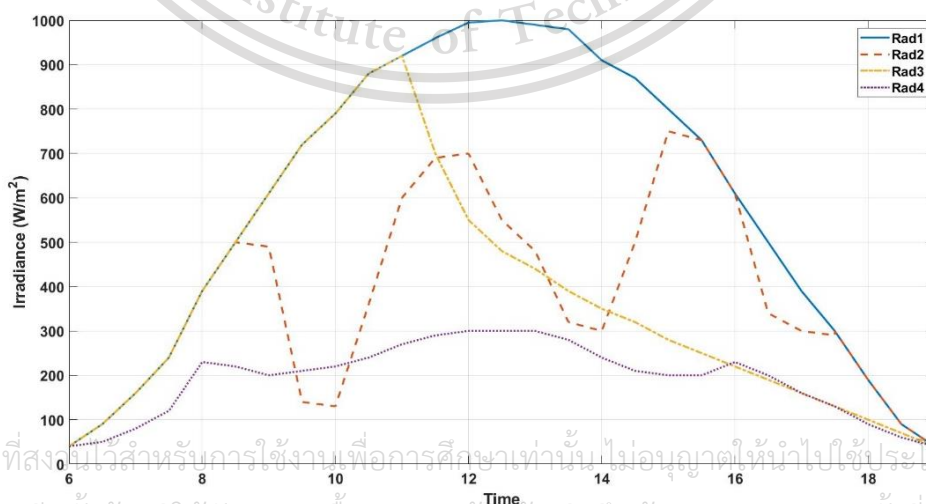
เมื่อทำการออกแบบและสร้างวงจรจำลองระบบนาโนกริดและบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 3.7 ด้วยโปรแกรม PSACD จากนั้นทำการจำลองและศึกษาระบบ ประกอบด้วย 2 กรณี ดังนี้

##### 4.1.1 การจำลองเพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

ในระบบโครงข่ายไฟฟ้านี้เป็นระบบที่มีพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอนในสัดส่วนสูง ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งได้ทำการจำลองในความเข้มแสงและสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแบ่งได้ออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

1. กรณีสภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่งตลอดทั้งวัน
2. กรณีสภาพอากาศและท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน
3. กรณีสภาพอากาศที่มีแดดออกตลอดช่วงเช้าและฝนตกตลอดช่วงบ่าย
4. กรณีสภาพอากาศมีฝนตกตลอดทั้งวัน

จากทั้ง 4 กรณี ได้ทำการกำหนดค่าระดับความเข้มแสงตามสภาพอากาศของแต่ละกรณี ดังรูปที่ 4.1 ทำการจำลองโดยการตั้งค่าความเข้มแสงที่โมดูลของเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ ในภาคผนวก ข และได้กำหนดช่วงเวลาในการทดลองต่อวันตั้งแต่เวลา 6.00 นาฬิกา ถึง 19.00 นาฬิกา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ของทั้ง 4 กรณีที่สภาพอากาศแตกต่างกัน

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

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

จากการจำลองในแต่ละกรณีจะทำการวัดค่าของ สถานะการประจุ (State of Charge, SOC) ที่แรงดันแบตเตอรี่, กระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันไฟฟ้า (V) ดังรูปที่ 4.3 เพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตและกักเก็บได้ในกริด โดยทำการวัดค่าทั้งหมด 3 จุดด้วยกันดังนี้

จุดที่ 1 :

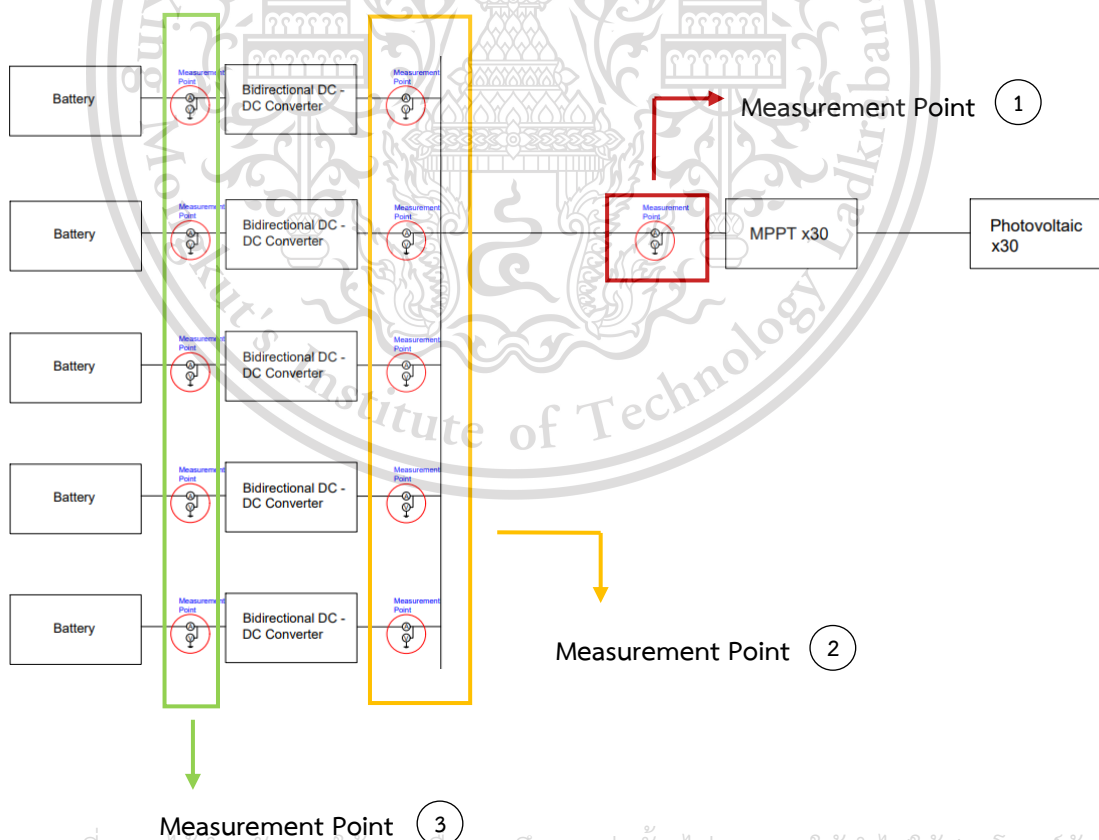
- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของระบบนาโนกริด ( $I_G$ )
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบนาโนกริด ( $V_G$ )

จุดที่ 2 :

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ( $I_{BG}$ ) ที่ไหลผ่าน DC-DC Converter ของหน่วยกักเก็บพลังงาน
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ( $V_{BG}$ )

จุดที่ 3 :

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ( $I_B$ ) แต่ละโมดูลของหน่วยกักเก็บพลังงาน
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ( $V_B$ ) แต่ละโมดูลของหน่วยกักเก็บพลังงาน
- วัดค่าของสถานะการประจุของแบตเตอรี่ (SOC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 จุดวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบนาโนกริดในกรณีศึกษาที่สภาพอากาศแตกต่างกัน

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

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

#### 4.1.2 การจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าของแท่นอัดประจุสำหรับในกรณีฉุกเฉิน

กรณีที่ยานยนต์ไฟฟ้าที่มีแบตเตอรี่ไม่เพียงพอในการไปถึงเป้าหมายหรือไปถึงสถานีอัดประจุ โดยมีการกำหนดเวลาในการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละคันให้สามารถอัดประจุไฟฟ้าได้คันละ 60 นาที ซึ่งในการจำลองหัวข้อนี้จะจำลองการอัดประจุไฟฟ้าของแท่นอัดประจุกับยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อศึกษาความสามารถในการอัดประจุให้กับยานยนต์ไฟฟ้าและประสิทธิภาพของการโอนถ่ายพลังงานระหว่างหน่วยกักเก็บพลังงาน ของกริดและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

ในการจำลองทำโดยการใช้โปรแกรมจำลองการอัดประจุผ่านวงจรแปลงแรงดันแบบสองทิศทางเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าโดยตรง ด้วยแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดที่ 600 โวลต์ และจำกัดขนาดของกระแสไฟฟ้าไว้ที่ 300 แอมแปร์ ซึ่งได้มีการตั้งค่าคุณลักษณะของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในภาคผนวก ข ซึ่งจากการจำลองได้ทำการวัดค่าของสถานะการประจุ (State of Charge, SOC), กระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันไฟฟ้า (V) ดังรูปที่ 4.3 โดยทำการวัดทั้งหมด 3 จุดด้วยกันดังนี้

จุดที่ 1 :

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ( $I_{EV}$ )
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ( $V_{EV}$ )
- วัดค่าของสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ( $SOC_{EV}$ )

จุดที่ 2 :

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของระบบนาโนกริด ( $I_G$ )
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบนาโนกริด ( $V_G$ )

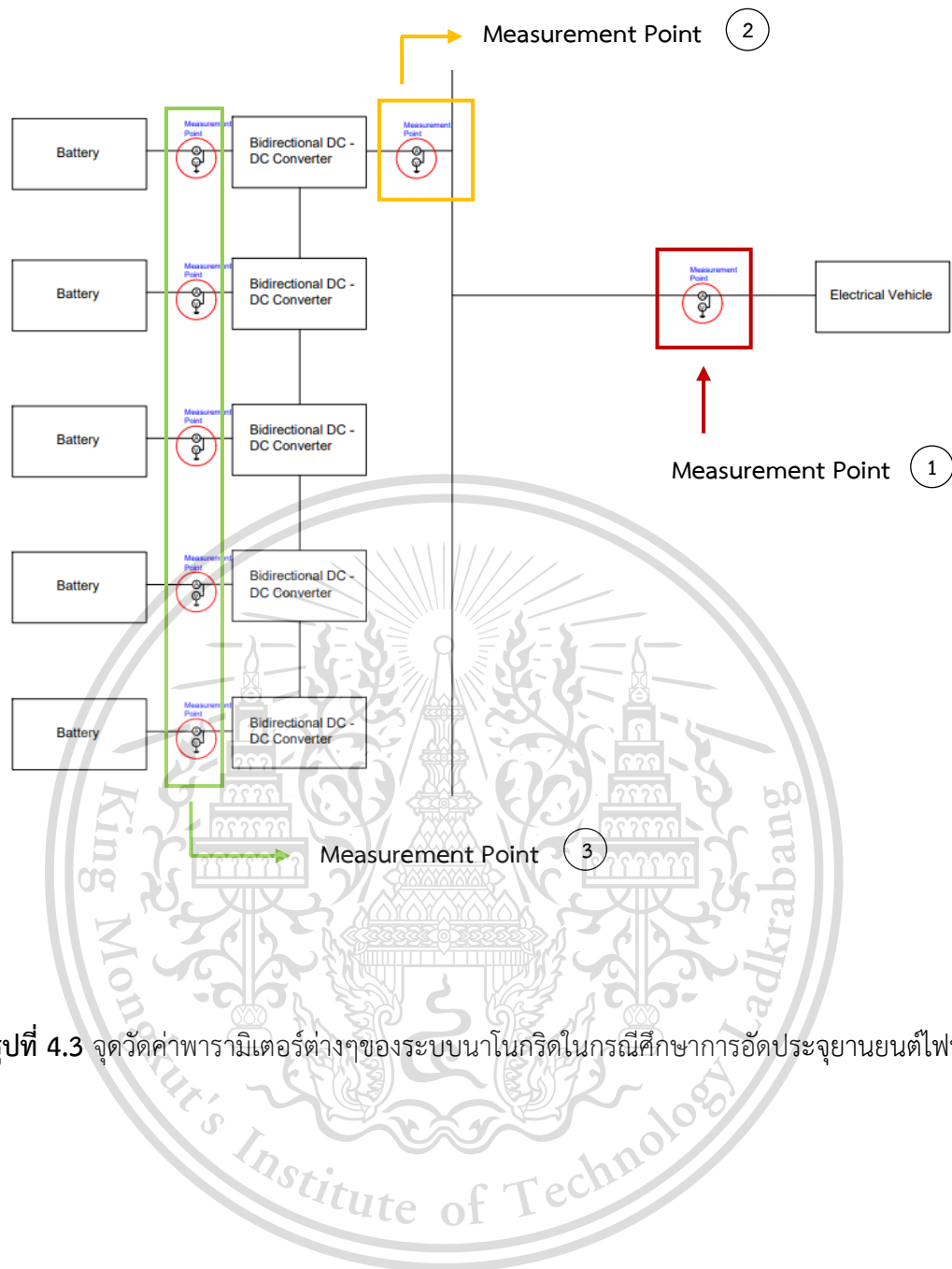
จุดที่ 3 :

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ( $I_B$ ) แต่ละโมดูลของหน่วยกักเก็บพลังงาน
- วัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ( $V_B$ ) แต่ละโมดูลของหน่วยกักเก็บพลังงาน
- วัดค่าของสถานะการประจุของแบตเตอรี่ (SOC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.3 จุดวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบนาโนกริดในกรณีศึกษาการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

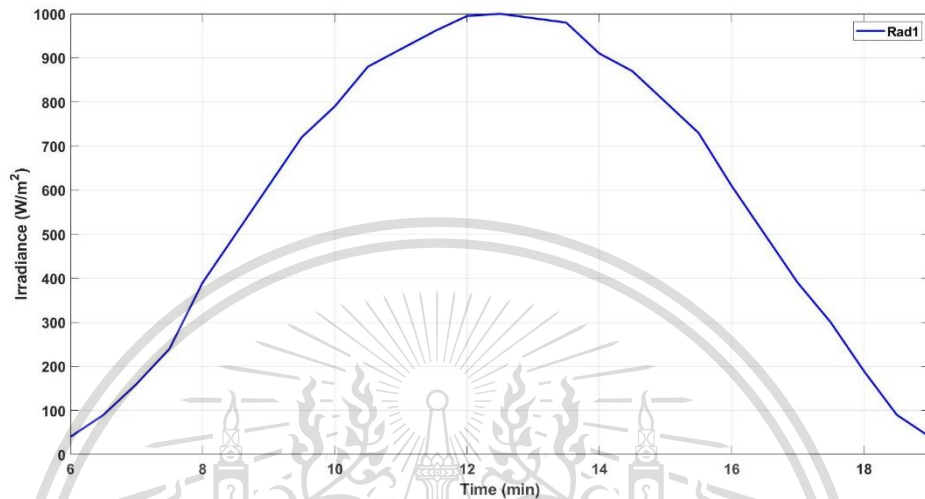
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## 4.2 ผลการจำลองกรณีที่ 1 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่ง

การจำลองวงจรในกรณีนี้เป็นกรณีที่ระบบเก็บเกี่ยวพลังงานได้รับความเข้มแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ มีสภาพอากาศที่ดีมาก ปราศจากเมฆ และมีแดดตลอดช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งจากรูปที่ 4.4 แสดงค่ารังสีอาทิตย์ของวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง จะได้ว่าค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในกรณีนี้จะมีค่าสูงสุดประมาณ  $1000 \text{ W/m}^2$

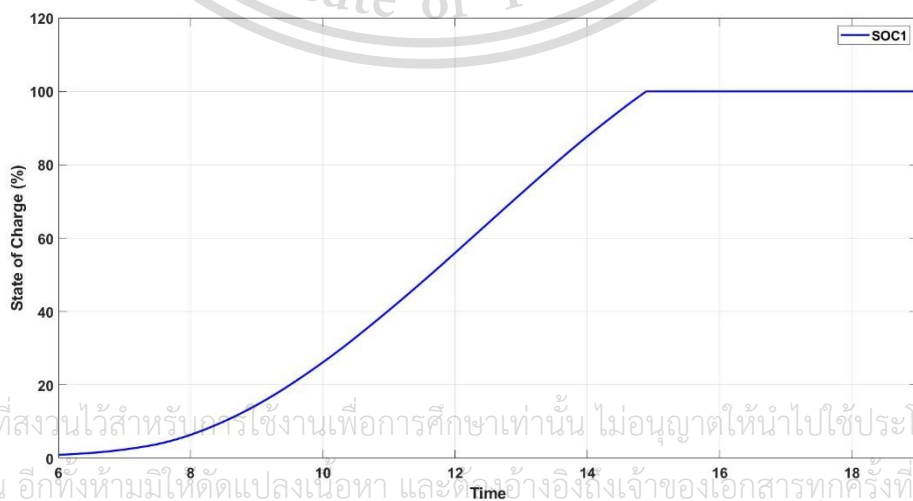


รูปที่ 4.4 ค่าเข้มแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งตลอดช่วงเวลาในการทดลอง

จากค่าความเข้มแสงอาทิตย์สำหรับวันที่ท้องฟ้าโปร่ง จะได้ผลการจำลองระบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

### 4.2.1 ผลการจำลองสถานะการประจุ (State of Charge, SOC)

จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับการเก็บประจุตลอดช่วงเวลาการทดลอง มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเวลาตั้งแต่ 15.10 นาฬิกา สถานะการประจุมีค่า 100 % ซึ่งก็คือ แบตเตอรี่ประจุไฟจนเต็มแล้ว



รูปที่ 4.5 กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

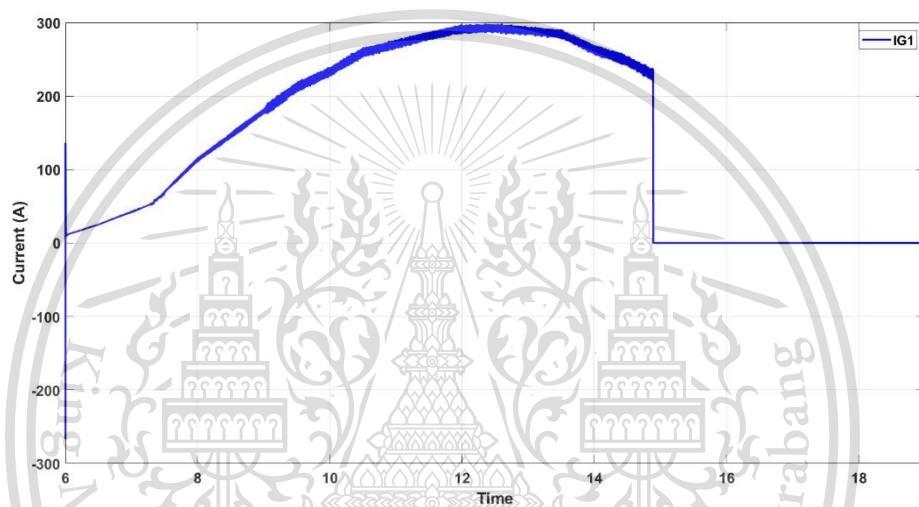
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

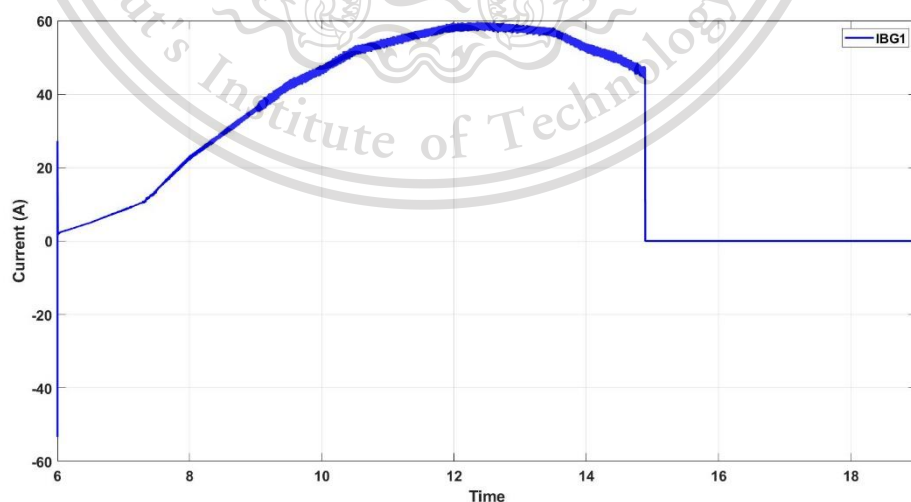
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

#### 4.2.2 ผลการจำลองค่ากระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 คือกราฟกระแสไฟฟ้าที่แสดงถึงลักษณะค่ากระแสไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลอง จะพบว่าตลอดช่วงเวลาในการทดลองกระแสไฟฟ้าจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงเที่ยงวัน ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ดังรูปที่ 4.4 ในช่วงเที่ยงวันจะมีค่าสูงที่สุดเช่นกัน ซึ่งก็คือเมื่อปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่ากระแสไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงตามความเข้มแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไป และจะพบอีกว่าในช่วงเวลาประมาณตั้งแต่ 15.10 นาฬิกา ค่ากระแสไฟฟ้าจะลดลงเป็นศูนย์ทันที เนื่องจากการชาร์จไฟของแบตเตอรี่ (SOC) ถึง 100% หรือแบตเตอรี่ประจุไฟจนเต็มแล้ว ระบบจึงทำการตัดวงจรแบตเตอรี่ออกจากการเก็บเกี่ยวพลังงานทันที



รูปที่ 4.6 กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1

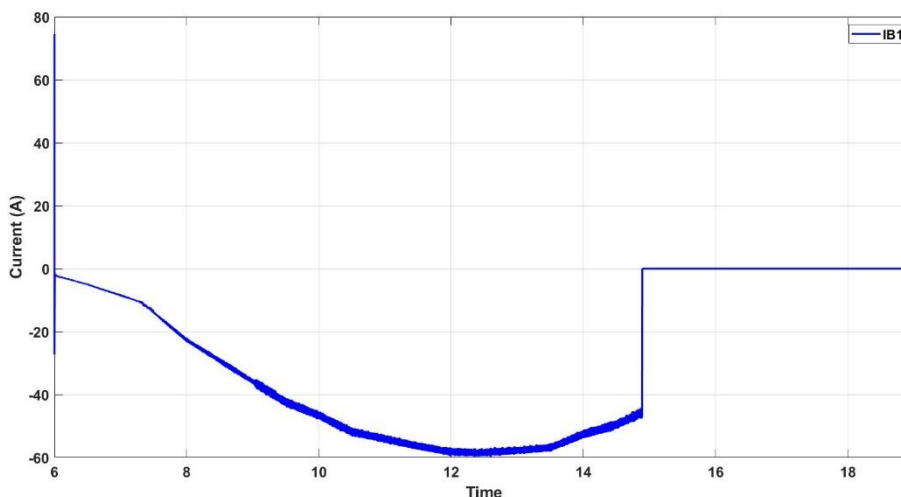


รูปที่ 4.7 กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.8 กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
กรณีที่ 1

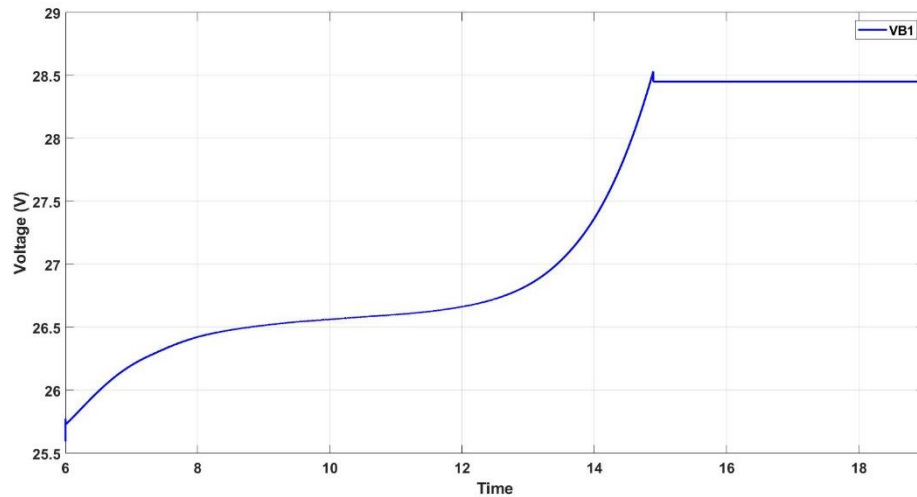
#### 4.2.3 ผลการจำลองค่าแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 คือกราฟแรงดันไฟฟ้าแสดงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดช่วงเวลาในการทดลอง โดยรูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบ ซึ่งจะมีระดับแรงดันปกติของแบตเตอรี่เท่ากับ 25.6 โวลต์ และระดับแรงที่มีการชาร์จประจุเต็มเท่ากับ 28.4 โวลต์ จากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานในภาคผนวก ข ซึ่งจากกราฟจะพบว่าขนาดแรงดันจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ตามสถานะการประจุและจะคงที่เมื่อมีการประจุแบตเตอรี่เต็ม ส่วนในรูปที่ 4.10 กราฟแรงดันบัสไฟฟ้ากระแสตรงหรือแรงดันของกริด จะพบว่าค่าแรงดันตลอดช่วงเวลาการทดลองจะมีระดับแรงดันคงที่ประมาณ 27.5 โวลต์ เนื่องจากมี DC-DC Converter ทำหน้าที่คงแรงดันไว้ และเมื่อแบตเตอรี่มีสถานะการประจุเต็มแล้วที่เวลา 15.10 นาฬิกา จะเห็นว่าจะมีแรงดันสูงทันทีเป็นสภาวะไฟฟ้ากระชาก เนื่องจากระบบทำการตัดวงจรแบตเตอรี่ออกจากกริดทันทีจากนั้นจะกลายเป็นแรงดันเปิดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์จนถึงสิ้นสุดช่วงเวลาจำลองจะมีค่าแรงดันอยู่ที่ 34.8 โวลต์

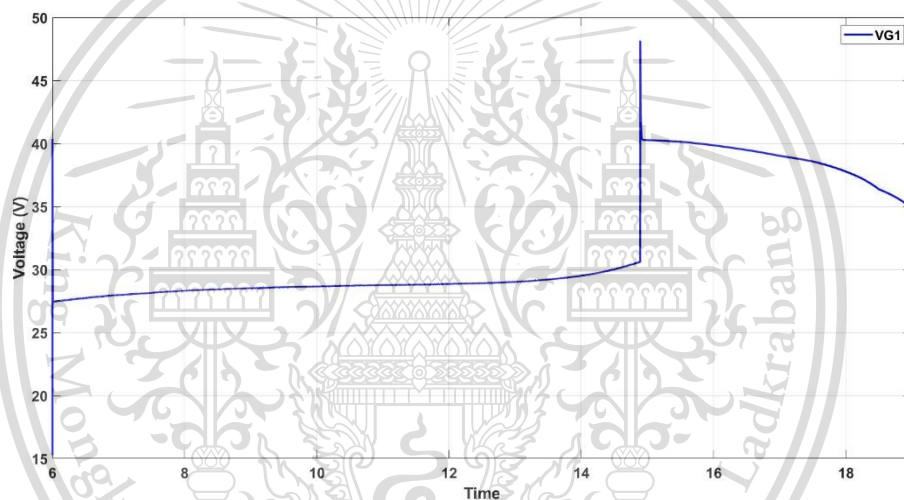
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.9 กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1



รูปที่ 4.10 กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1

#### 4.2.4 ผลการจำลองค่ากำลังไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.11 และ 4.12 คือกราฟกำลังไฟฟ้าแสดงถึงกำลังการผลิตไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลอง โดยรูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลมีค่าประมาณ 1700.3 วัตต์ ส่วนในรูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดของระบบ ซึ่งก็คือค่ากำลังไฟฟ้าทั้งหมดของแบตเตอรี่ทั้ง 5 โมดูล จะได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบนาโนกริดมีค่าประมาณ 8501.5 วัตต์

จากกราฟกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 กราฟ จะพบว่ากำลังการผลิตจะมีค่าสูงที่สุดในช่วงเที่ยงวันเหมือนกับค่าของกระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปเหมือนกับค่ากระแสไฟฟ้า

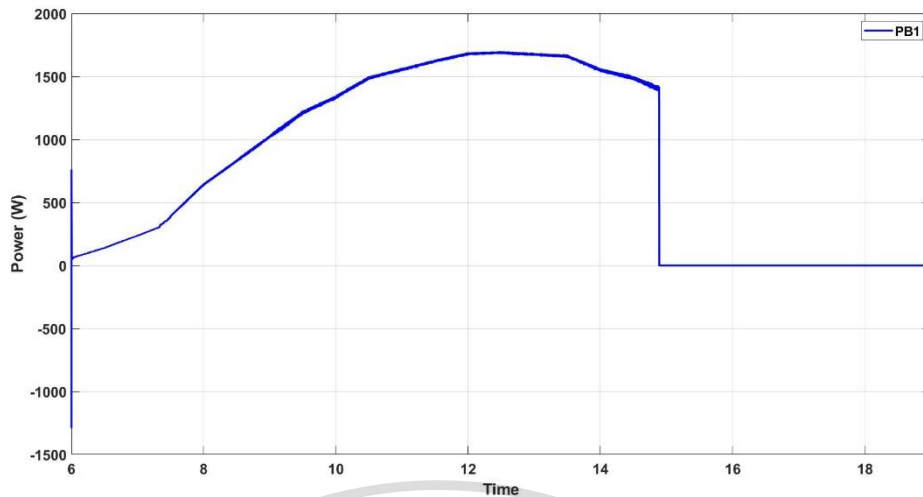
เนื่องจากค่ากระแสที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ โดยค่ากระแสไฟฟ้าและการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตามที่มีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตเจ้าของลิขสิทธิ์ให้ก่อนจึงจะแก้ไข

สูงสุด

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

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



รูปที่ 4.11 กราฟกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
กรณีที่ 1



รูปที่ 4.12 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 1

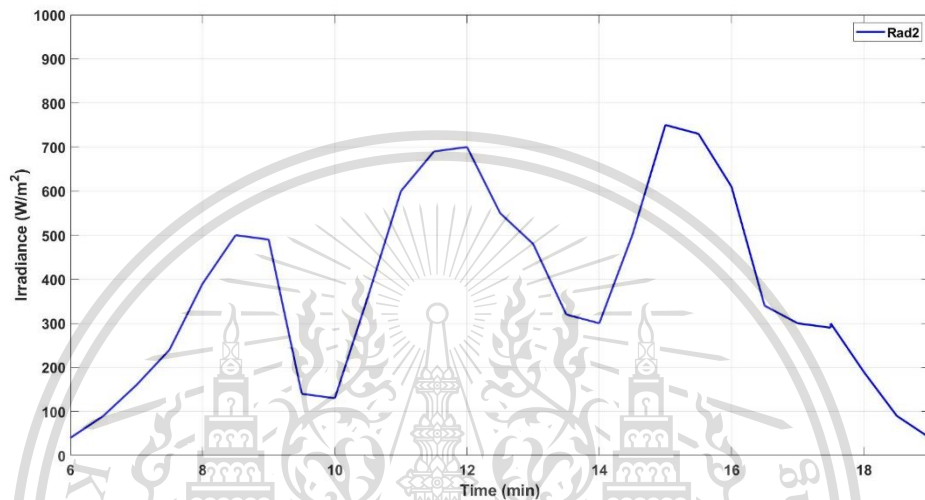
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 4.3 ผลการจำลองกรณีที่ 2 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน

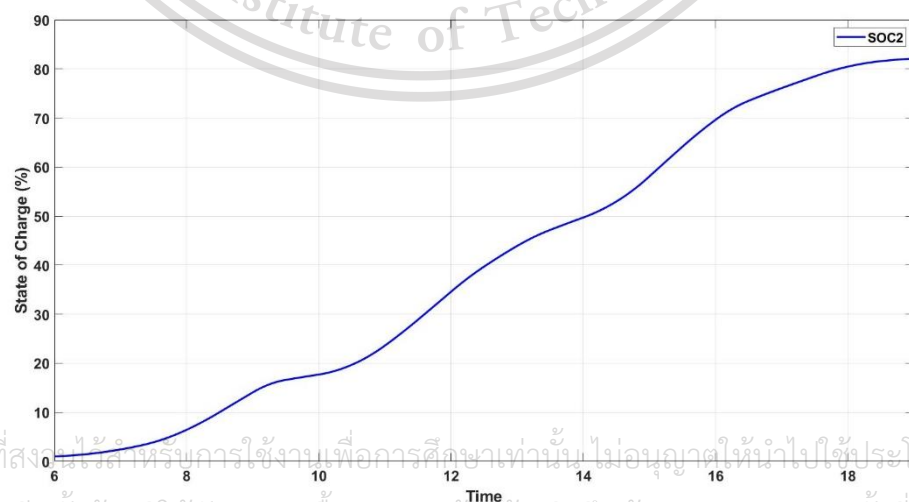
การจำลองวงจรในกรณีนี้เป็นกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วนตลอดช่วงเวลากการทดลอง จากรูปที่ 4.13 จะพบว่าค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในกรณีนี้จะมีค่าขึ้นๆลงๆ เนื่องจากในสภาวะที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วนตลอดทั้งวันจะทำให้มีแดดออกมาเป็นช่วงๆ ซึ่งก็คือในช่วงที่มีแดดออกเมฆไม่ปกคลุมจะทำให้มีความเข้มแสงที่มาก และในช่วงที่มีเมฆมาปกคลุมจะทำให้ได้ความเข้มแสงที่น้อย โดยค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดในสภาวะท้องฟ้าแบบนี้จะมีค่าประมาณ  $750 \text{ W/m}^2$



รูปที่ 4.13 ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วนตลอดช่วงเวลากการทดลอง

จากค่าความเข้มแสงอาทิตย์สำหรับวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน จะได้ผลการจำลองระบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

##### 4.3.1 ผลการจำลองสถานะการประจุ (State of Charge, SOC)

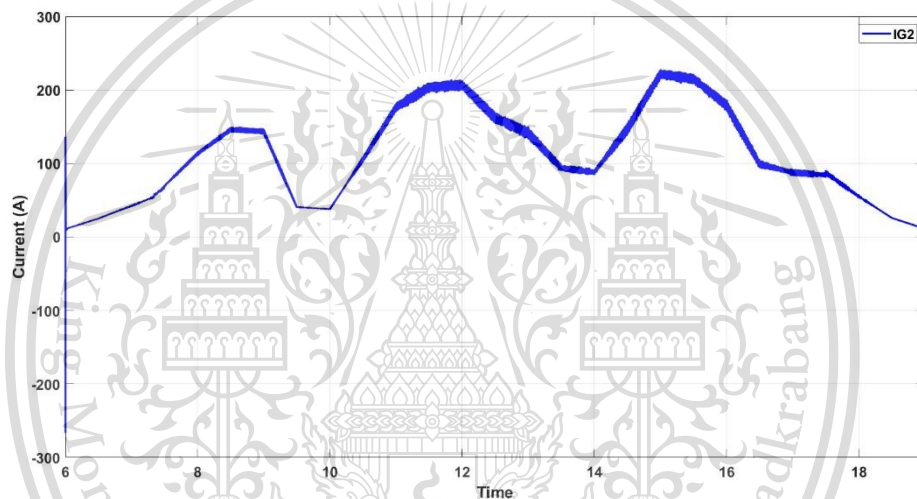


รูปที่ 4.14 กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2e.

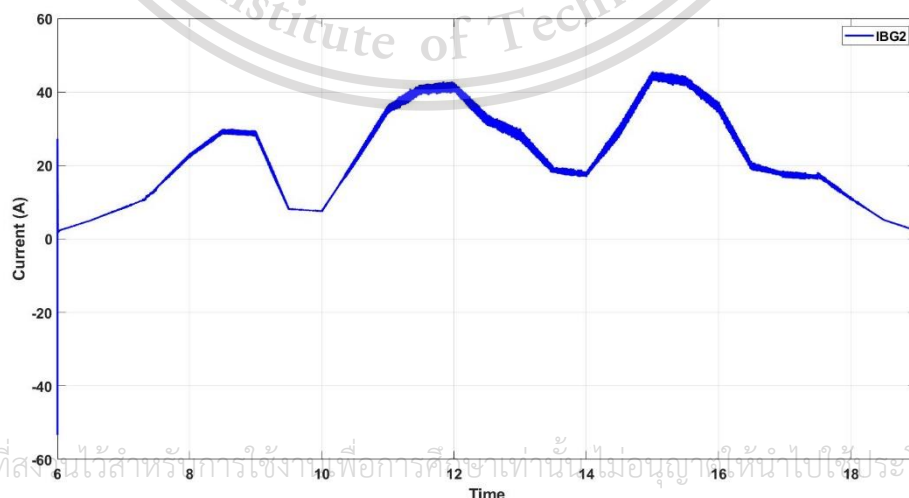
จากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงระดับการเก็บประจุตลอดช่วงเวลากการทดลองซึ่งสถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจะเห็นว่าที่สภาวะอากาศในกรณีที่ 2 จะมีการชาร์จไฟของแบตเตอรี่ไม่เต็มและสถานะการประจุจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 82.1 เปอร์เซ็นต์

#### 4.3.2 ผลการจำลองค่ากระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 คือกราฟกระแสไฟฟ้าที่แสดงถึงลักษณะค่ากระแสไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 2 จะพบว่าตลอดช่วงเวลากการทดลองค่ากระแสไฟฟ้าจะมีลักษณะขึ้นๆลงๆตามลักษณะค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในรูปที่ 4.13 เมื่อความเข้มแสงมีค่าต่ำ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีค่าต่ำ และเมื่อปริมาณความเข้มแสงมีค่ามากขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าก็จะมีค่ามากขึ้นเช่นกันเหมือนกับในกรณีที่ 1



รูปที่ 4.15 กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2



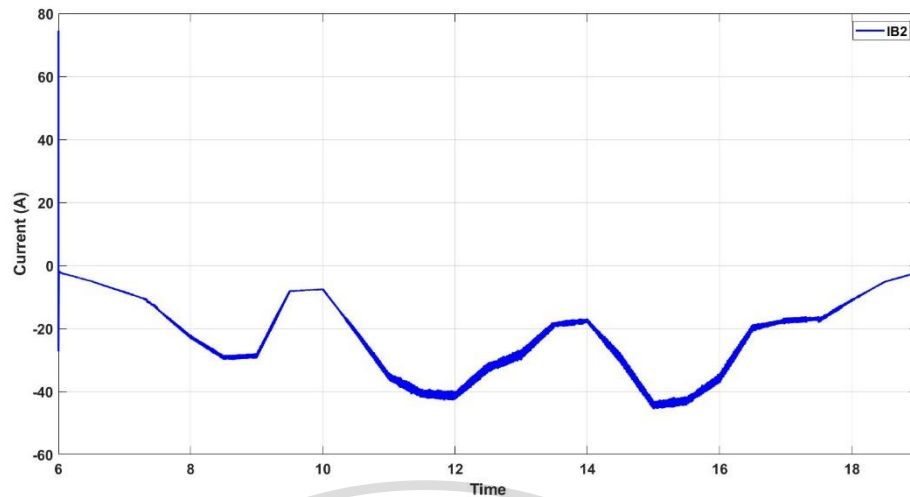
รูปที่ 4.16 กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอให้คัดลอกไปเอง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.17 กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณี  
ที่ 2

#### 4.3.3 ผลการจำลองค่าแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.18 และ 4.19 คือกราฟแรงดันไฟฟ้าแสดงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดช่วงเวลาในการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 2 โดยรูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบ ซึ่งจากกราฟจะพบว่าขนาดแรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามสถานะการประจุเหมือนกับในกรณีที่ 1 และที่สถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่มีค่าสูงสุดที่ 82.1 เปอร์เซ็นต์ จะมีแรงดันมากที่สุดเท่ากับ 27 โวลต์ ส่วนในรูปที่ 4.19 กราฟแรงดันบัสไฟฟ้ากระแสตรงจะพบว่าค่าแรงดันตลอดช่วงเวลาการทดลองจะมีระดับแรงดันคงที่ประมาณ 27.5 โวลต์ เนื่องจากมี DC-DC Converter ทำหน้าที่คงแรงดันไว้

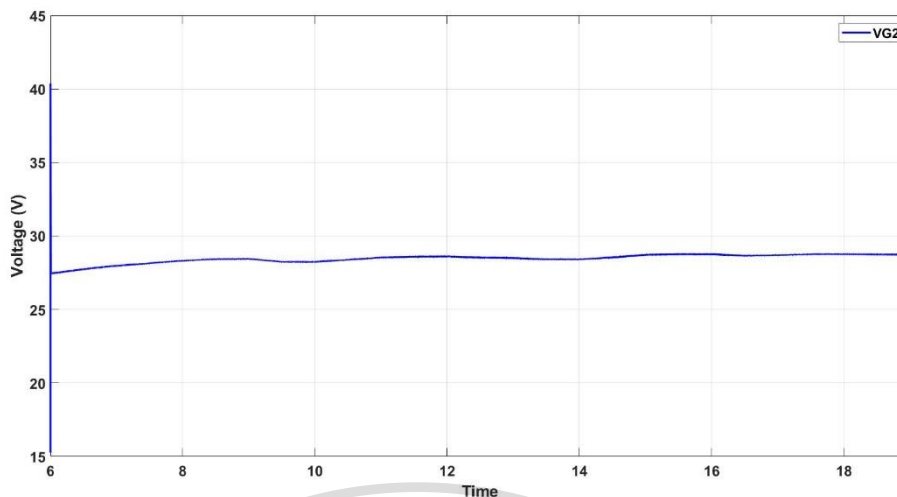


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆที่รูปที่ 4.18 กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศนำไปใช้  
กรณีที่ 2

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

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



รูปที่ 4.19 กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2

#### 4.3.4 ผลการจำลองค่ากำลังไฟฟ้า

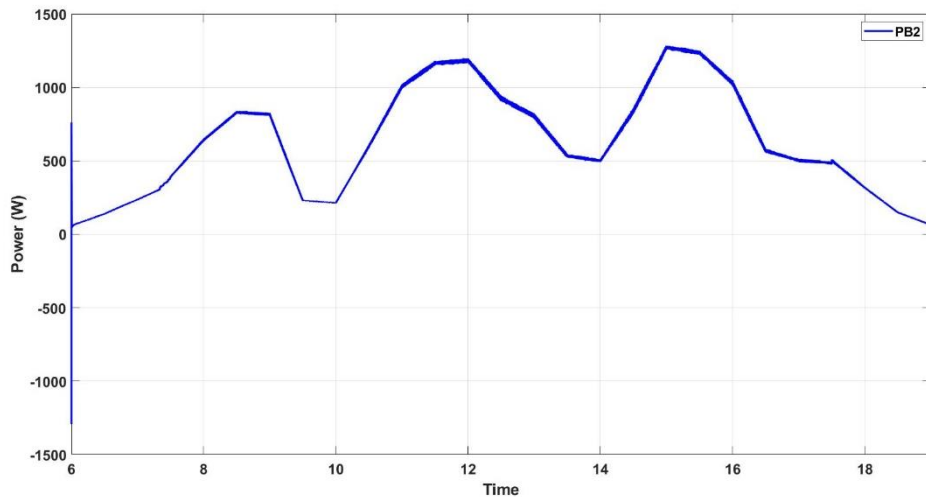
จากรูปที่ 4.20 และ 4.21 คือกราฟกำลังไฟฟ้าแสดงถึงกำลังการผลิตไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 2 โดยรูปที่ 4.20 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลมีค่าประมาณ 1283.6 วัตต์ ในรูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดของระบบ จะได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบนาโนกริดมีค่าประมาณ 6418 วัตต์

จากกราฟกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 กราฟ จะพบว่ากำลังการผลิตจะมีความมากในช่วงที่มีค่ากระแสมากที่สุดก็คือในช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงสูง และค่ากำลังไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่ากระแสไฟฟ้าเหมือนกับในกรณีที่ 1

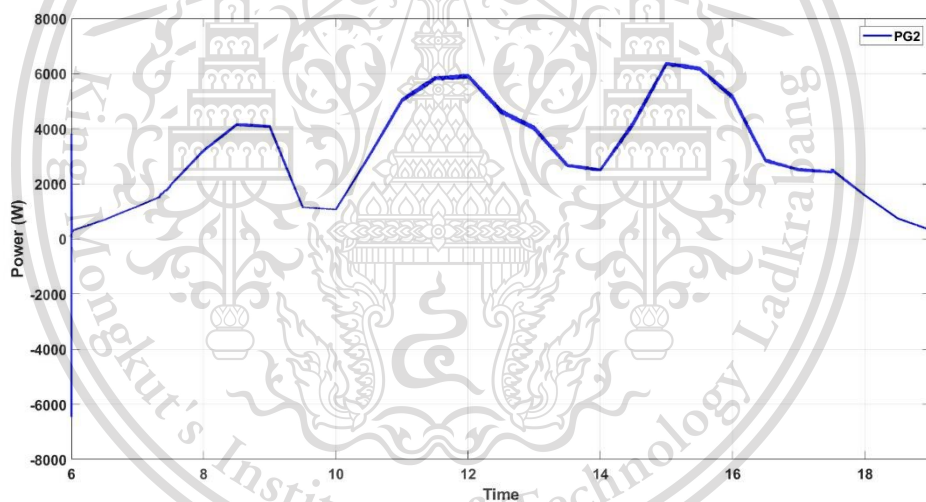
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.20 กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
กรณีที่ 2



รูปที่ 4.21 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 2

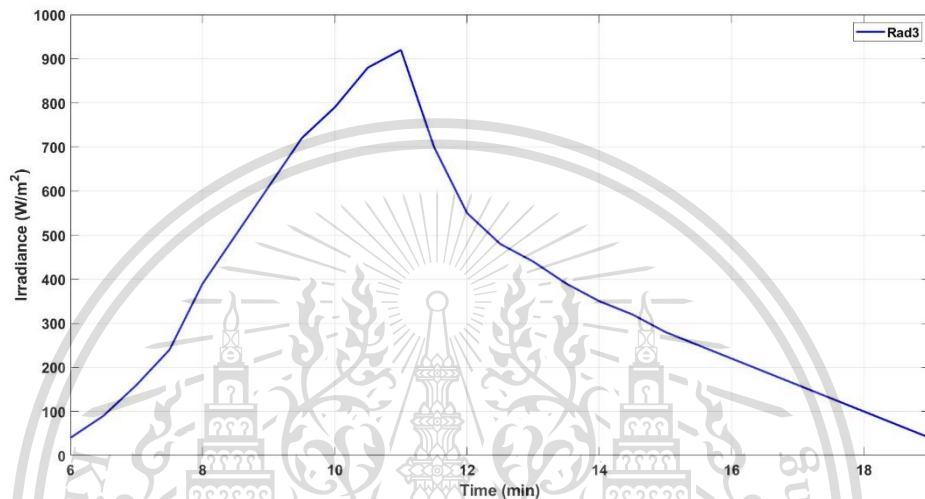
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 4.4 ผลการจำลองกรณีที่ 3 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่งตลอดในช่วงเช้าและมีฝนตกตลอดในช่วงบ่าย

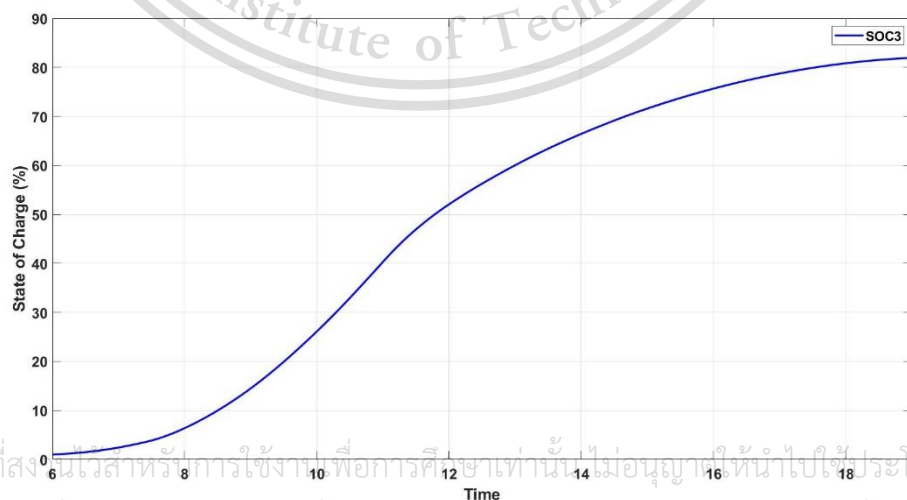
การจำลองวงจรในกรณีนี้เป็นกรณีที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งตลอดช่วงเช้าคือจะมีแดดออกตลอดช่วงเช้าและในตลอดช่วงบ่ายท้องฟ้าจะมีเมฆครึ้มฝนและฝนตก ซึ่งจากรูปที่ 4.22 จะพบว่า มีค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ค่อยๆเพิ่มจนมีค่าสูงสุดประมาณช่วงเที่ยงซึ่งเป็นช่วงที่มีแดดออก แต่พอหลังเที่ยงที่ท้องฟ้าเริ่มมีเมฆครึ้มฝนและฝนตกทำให้ความเข้มแสงค่อยๆลดลงทันที โดยค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดจะมีค่าประมาณ  $920 \text{ W/m}^2$



รูปที่ 4.22 ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้าโปร่งตลอดในช่วงเช้าและมีฝนตกตลอดในช่วงบ่าย

จากค่าความเข้มแสงอาทิตย์สำหรับวันที่ท้องฟ้ามีแดดออกตลอดในช่วงเช้าและฝนตกตลอดในช่วงบ่าย จะได้ผลการจำลองระบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

##### 4.4.1 ผลการจำลองสถานะการประจุ (State of Charge, SOC)



รูปที่ 4.23 กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้นไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

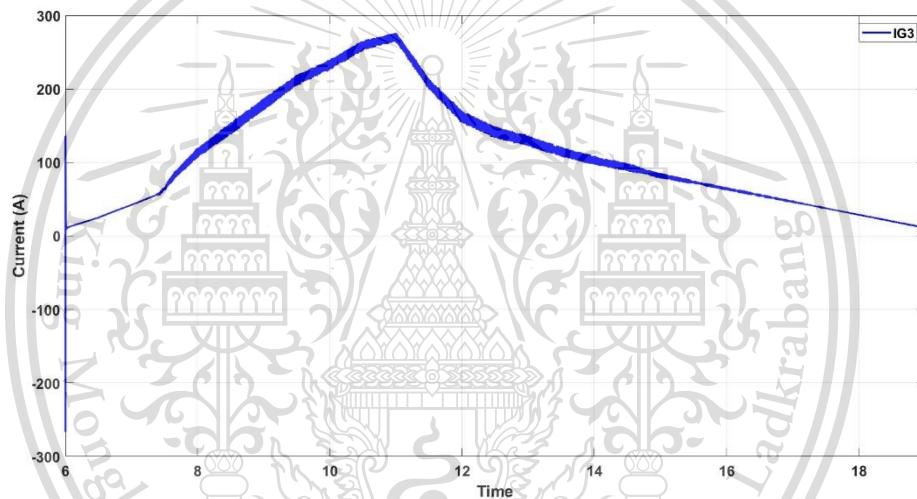
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

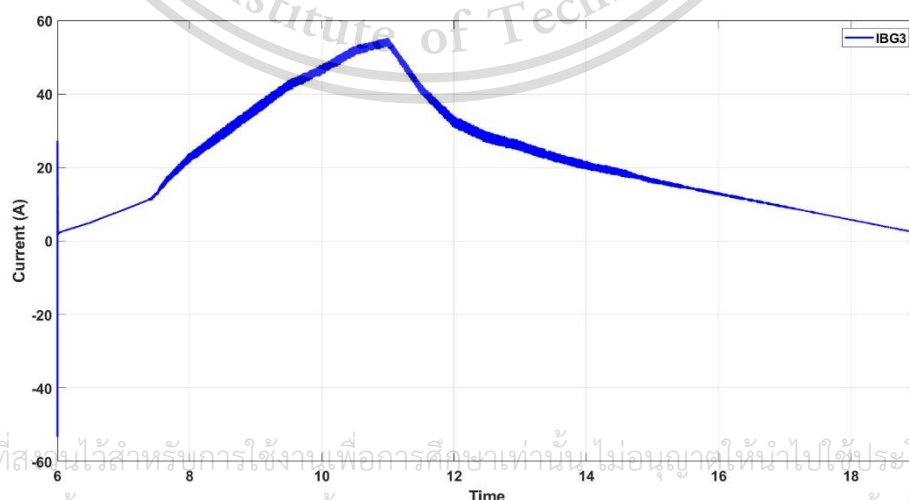
จากรูปที่ 4.23 กราฟแสดงระดับการเก็บประจุตลอดช่วงเวลาการทดลอง ซึ่งสถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะเห็นว่าในช่วงเช้าที่มีแดดออกค่าระดับการเก็บประจุ (Stage of Charge, SOC) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงเวลาประมาณเที่ยง และหลังจากนั้นระดับการเก็บประจุจะค่อยเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในช่วงที่มีฝนตกจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงเวลาในการทดลอง สถานะการประจุแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 81.94 เปอร์เซ็นต์

#### 4.4.2 ผลการจำลองค่ากระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 คือกราฟกระแสไฟฟ้าที่แสดงถึงลักษณะค่ากระแสไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศครณที่ 3 จะพบว่าตลอดช่วงเวลาในการทดลองจะมีค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเช้าและมีค่าสูงสุดในช่วงประมาณเที่ยง ซึ่งมีลักษณะตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในรูปที่ 4.22 เหมือนกับใน 2 กรณีแรก

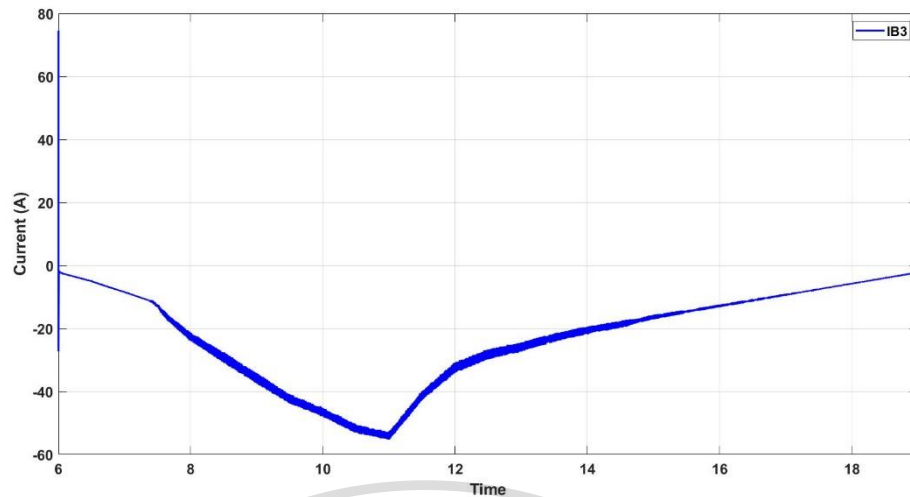


รูปที่ 4.24 กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศครณที่ 3



รูปที่ 4.25 กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศครณที่ 3

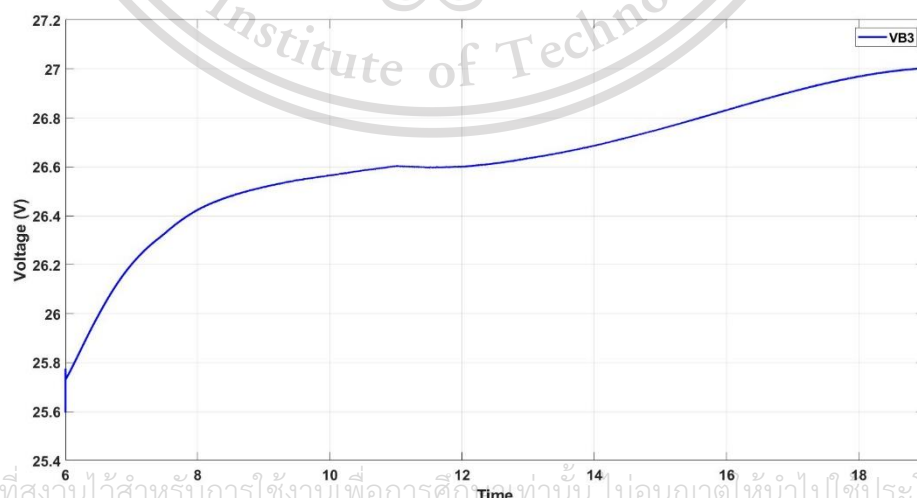
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 กราฟกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
กรณีที่ 3

#### 4.4.3 ผลการจำลองค่าแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.27 และ 4.28 คือกราฟแรงดันไฟฟ้าแสดงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดช่วงเวลาในการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 3 โดยรูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบ ซึ่งจากกราฟจะพบว่าขนาดแรงดันจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามสถานะการประจุเหมือนกับใน 2 กรณีแรก และที่สถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่มีค่าสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการจำลองในสภาพอากาศแบบที่ 3 จะมีแรงดันเท่ากับ 27 โวลต์ ส่วนในรูปที่ 4.28 กราฟแรงดันบัสไฟฟ้ากระแสตรง จะพบว่าค่าแรงดันตลอดช่วงเวลาการทดลองจะมีระดับแรงดันคงที่ประมาณ 27.5 โวลต์ เนื่องจากมี DC-DC Converter ทำหน้าที่คงแรงดันไว้



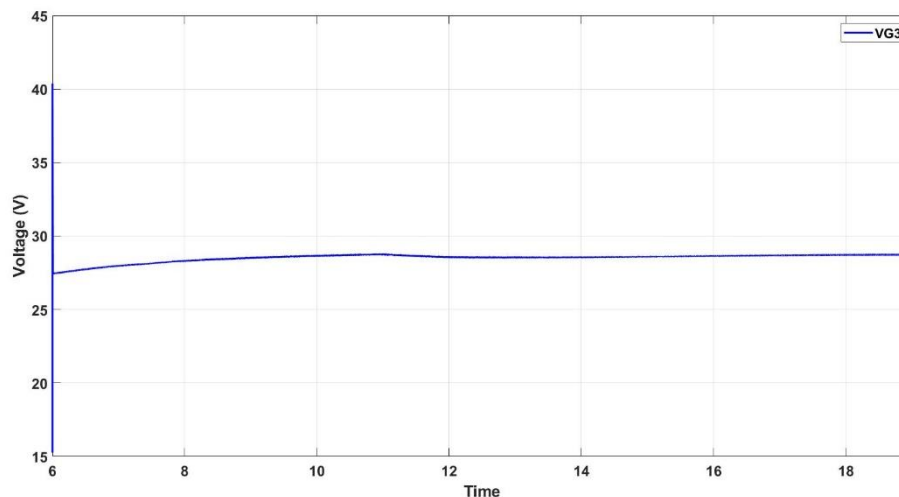
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ 4.27 กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ

กรณีที่ 3

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

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



รูปที่ 4.28 กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3

#### 4.4.4 ผลการจำลองค่ากำลังไฟฟ้า

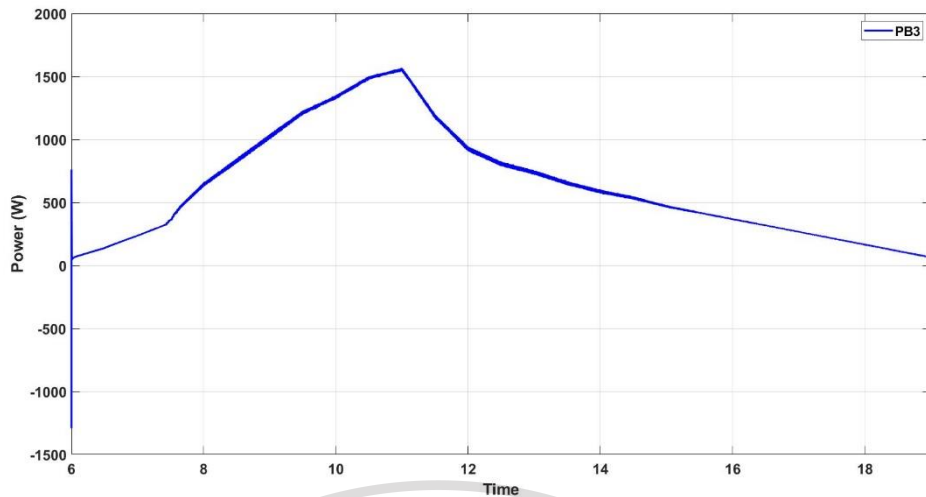
จากรูปที่ 4.29 และ 4.30 คือกราฟกำลังไฟฟ้าแสดงถึงกำลังการผลิตไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 3 โดยรูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลมีค่าประมาณ 1566.91 วัตต์ และในรูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดของระบบ จะได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบนาโนกริดมีค่าประมาณ 7834.6 วัตต์

จากกราฟกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 กราฟ จะพบว่ากำลังการผลิตจะมีค่ามากสุดในช่วงที่มีค่ากระแสมากที่สุดซึ่งก็คือในช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงสูง และค่ากำลังไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่ากระแสไฟฟ้าเหมือนกับ 2 กรณีแรก

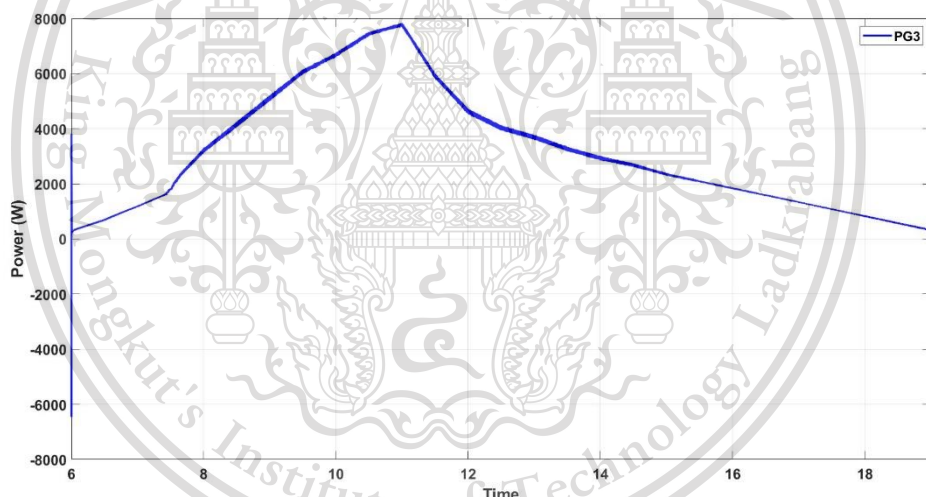
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.29 กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
กรณีที่ 3



รูปที่ 4.30 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 3

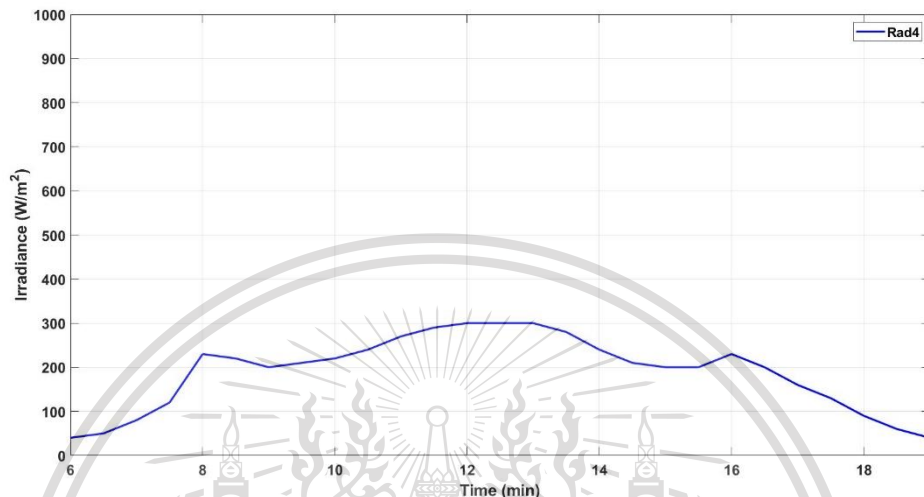
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 4.5 ผลการจำลองกรณีที่ 4 มีสภาพอากาศและท้องฟ้าที่มีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลอง

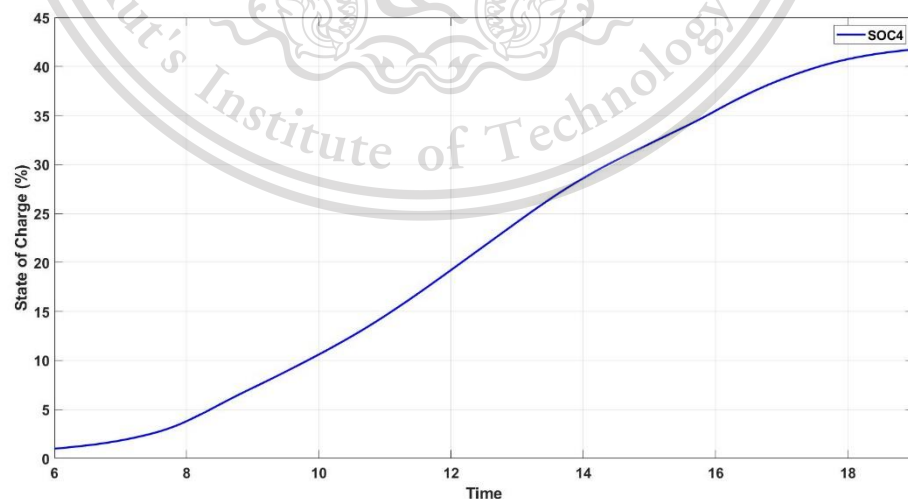
การจำลองวงจรในกรณีนี้เป็นกรณีที่สภาวะท้องฟ้ามีเมฆครึ้มฝนและมีฝนตกตลอดทั้งวัน ซึ่งจากรูปที่ 4.31 จะพบว่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าต่ำตลอดทั้งวัน โดยค่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าสูงสุดประมาณ  $300 \text{ W/m}^2$



รูปที่ 4.31 ค่าเข้มแสงแสงอาทิตย์ที่สภาวะท้องฟ้ามีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลอง

จากค่าความเข้มแสงอาทิตย์สำหรับวันที่ท้องฟ้ามีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลอง จะได้ผลการจำลองระบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

##### 4.5.1 ผลการจำลองสถานะการประจุ (State of Charge, SOC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.32 กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่ในระบบนำโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4 ผ่านการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

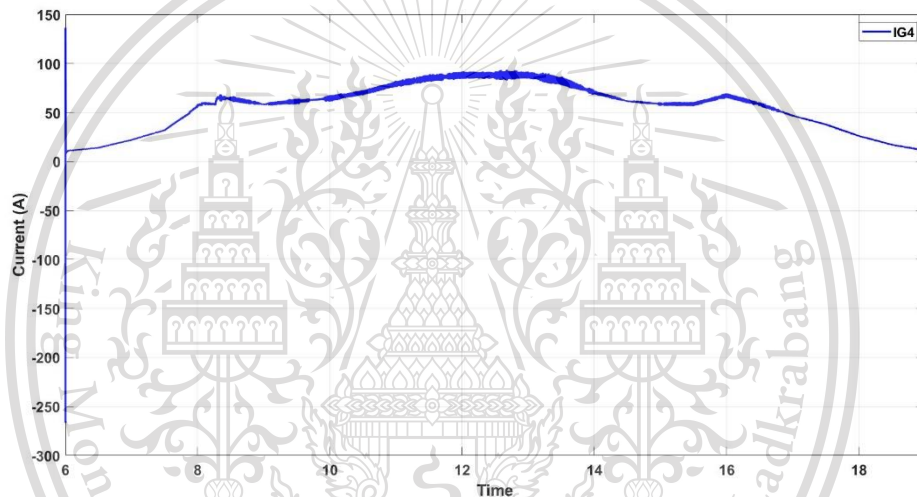
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

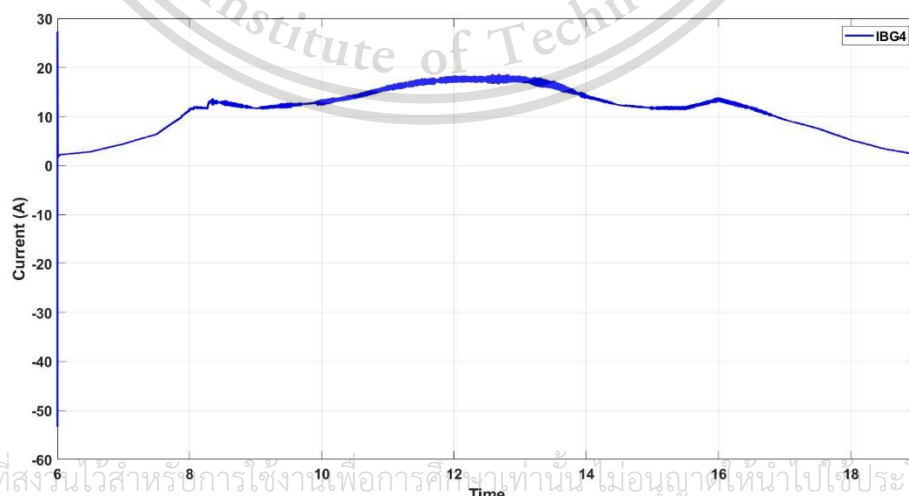
จากรูปที่ 4.32 กราฟแสดงระดับการเก็บประจุตลอดช่วงเวลาการทดลอง มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งสถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างช้าๆ เนื่องจากในกรณีนี้มีความเข้มแสงที่ต่ำตลอดทั้งช่วงการทดลอง ทำให้สถานะการประจุแบตเตอรี่เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาทดลองมีค่าประมาณ 41.7 เปอร์เซ็นต์

#### 4.5.2 ผลการจำลองค่ากระแสไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.33, 4.34 และ 4.35 คือกราฟกระแสไฟฟ้าที่แสดงถึงลักษณะค่ากระแสไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศครณีที่ 4 จะพบว่าตลอดช่วงเวลาในการทดลองจะมีค่ากระแสไฟฟ้าต่ำ และมีลักษณะกระแสไฟฟ้าตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในรูปที่ 4.31 เหมือนกับกรณีอื่นๆ



รูปที่ 4.33 กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศครณีที่ 4



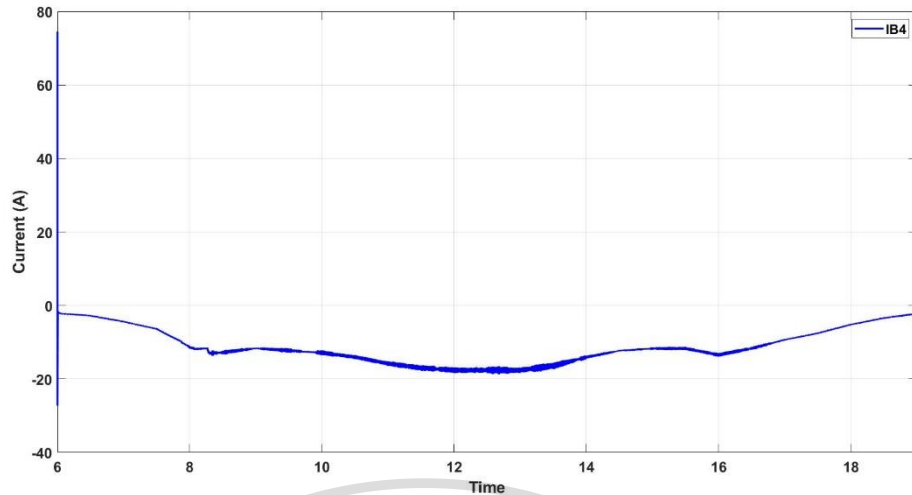
รูปที่ 4.34 กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศครณีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกรูปที่ 4.34 กราฟกระแสของบัสไฟฟ้ากระแสตรง ตามสภาพอากาศครณีที่ 4

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

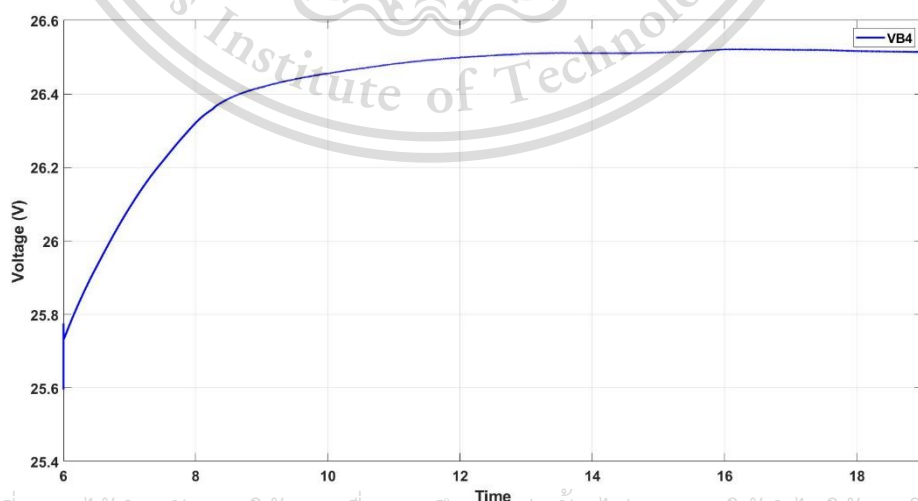
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.35 กราฟกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์แต่ละโมดูลในของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4

#### 4.5.3 ผลการจำลองค่าแรงดันไฟฟ้า

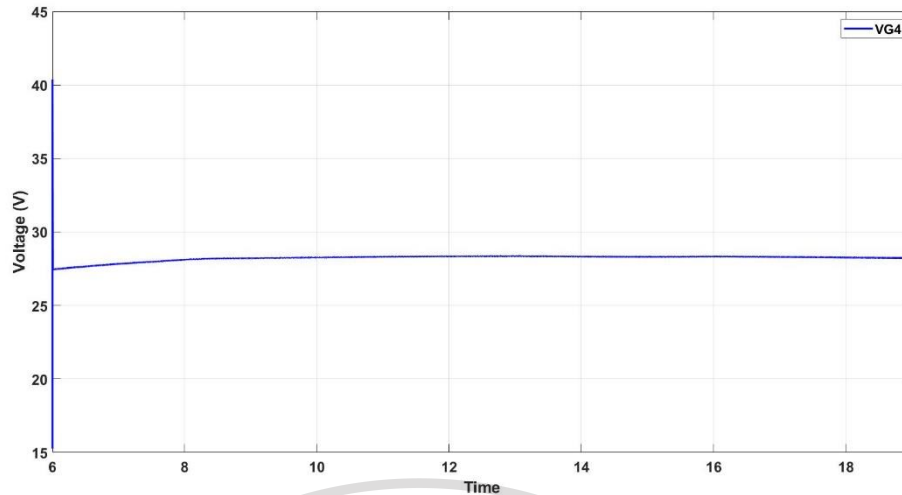
จากรูปที่ 4.36 และ 4.37 คือกราฟแรงดันไฟฟ้าแสดงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตลอดช่วงเวลาในการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 4 โดยรูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบ ซึ่งจากกราฟจะพบว่าขนาดแรงดันจะเพิ่มขึ้นไม่เยอะ และที่สถานะการชาร์จไฟของแบตเตอรี่เมื่อสิ้นสุดการจำลองในสภาพอากาศแบบที่ 4 จะมีแรงดันเท่ากับ 26.5 โวลต์ ส่วนในรูปที่ 4.37 กราฟแรงดันบัสไฟฟ้ากระแสตรง จะพบว่าค่าแรงดันตลอดช่วงเวลาการทดลองจะมีระดับแรงดันคงที่ประมาณ 27.5 โวลต์ เนื่องจากมี DC-DC Converter ทำหน้าที่คงแรงดันไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.36 กราฟแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และสงวนลิขสิทธิ์เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 กรณีที่ 4

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

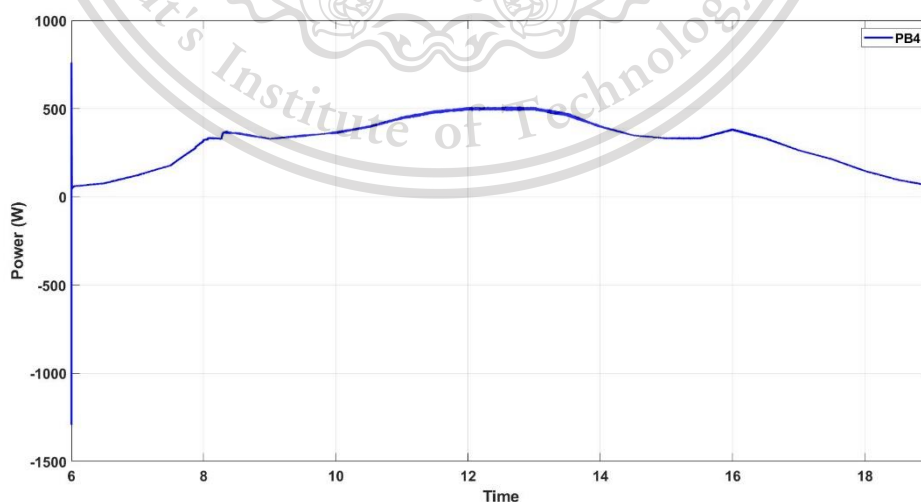
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.37 กราฟแรงดันของระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4

#### 4.1.3.4 ผลการจำลองค่ากำลังไฟฟ้า

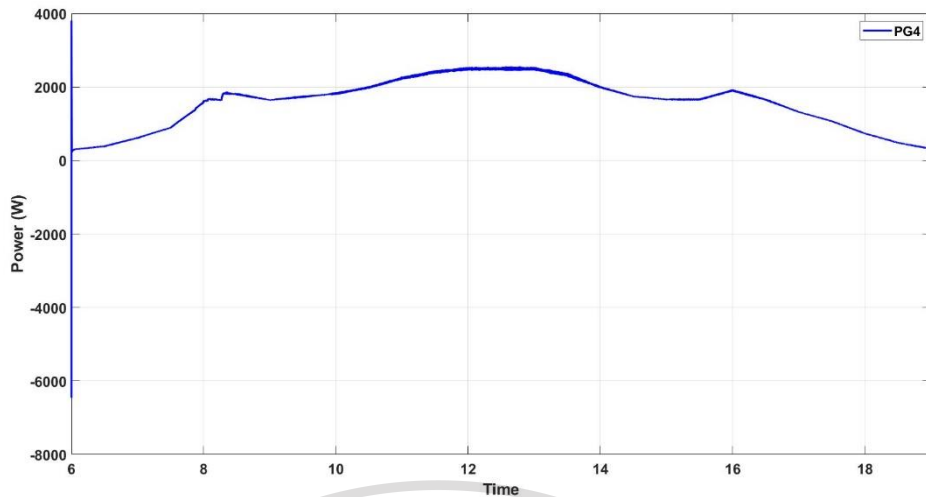
จากรูปที่ 4.38 และ 4.39 คือกราฟกำลังไฟฟ้าแสดงถึงกำลังการผลิตไฟฟ้าตลอดระยะเวลาในช่วงการทดลองในสภาพอากาศกรณีที่ 4 โดยรูปที่ 4.38 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลในระบบที่เก็บเกี่ยวได้ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลที่เก็บเกี่ยวได้ในสภาพอากาศแบบนี้มีค่าประมาณ 760 วัตต์ และในรูปที่ 4.39 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดของระบบ จะได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบนาโนกริดในสภาพอากาศกรณีที่ 4 มีค่าประมาณ 3804.37 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 4.38** กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน ตามสภาพอากาศ  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และกรณีสื่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 กรณีที่ 4

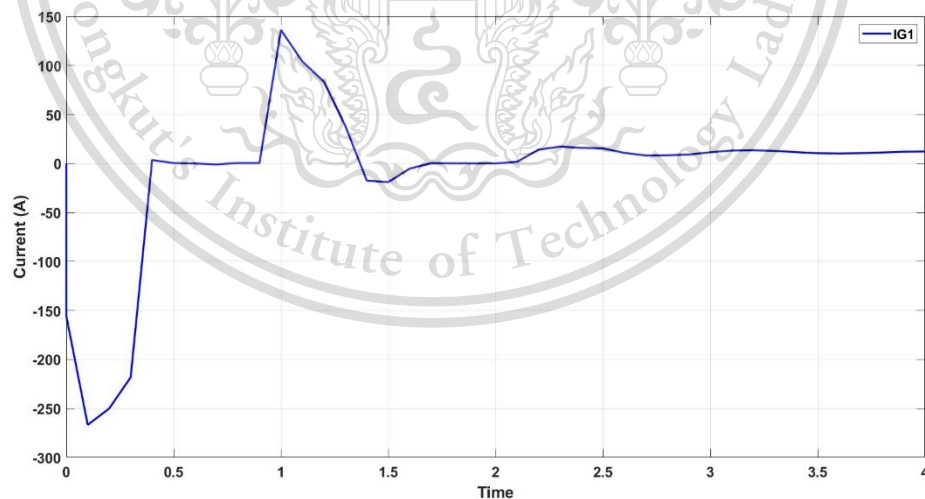
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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



รูปที่ 4.39 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมดในระบบนาโนกริด ตามสภาพอากาศกรณีที่ 4

จากการจำลองระบบนาโนกริดในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี ข้างต้น ในหัวข้อที่ 4.2 – 4.5 เมื่อพิจารณากระแสไฟฟ้าจากการทดลองพบว่าทั้ง 4 กรณี มีการเริ่มต้นการทำงานที่เหมือนกัน โดยระบบเริ่มต้นการทำงานที่ 0.8 วินาที และมีการทำงานที่เสถียรที่ 2.1 วินาที ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 กราฟกระแสไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นการทำงานของระบบนาโนกริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

#### 4.6 ผลการจำลองปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทั้ง 4 กรณี

เมื่อพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังแสงอาทิตย์ของแต่ละสภาพอากาศตลอดช่วงเวลาในการจำลองทั้ง 4 กรณีที่ต้องการศึกษาในหัวข้อที่ 4.2-4.5 จากข้อมูลทั้ง 4 กรณีที่แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าในวันที่มีสภาพอากาศที่ดีมากหรือท้องฟ้าโปร่งตลอดทั้งวันระบบจะมีกำลังการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3964.7 วัตต์ และมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมดเท่ากับ 51.541 กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับวันที่มีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วนตลอดทั้งวันกับในกรณีวันที่มีท้องฟ้าโปร่งในช่วงเช้าและมีฝนตกในช่วงบ่าย จะมีกำลังการผลิตและปริมาณการผลิตไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากความเข้มแสงเฉลี่ยในตลอดช่วงการจำลองของทั้ง 2 กรณี มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีสุดท้าย กรณีที่สภาพอากาศมีฝนตกตลอดทั้งวันระบบจะผลิตกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันได้ต่ำสุดเท่ากับ 1594.8 วัตต์ และปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็ต่ำที่สุดเช่นเดียวกันมีค่าเท่ากับ 20.732 กิโลวัตต์ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าจากทุกกรณีที่กล่าวมานั้นปริมาณในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์และสภาพอากาศของแต่ละวัน และจากตารางจะเห็นว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถกักเก็บได้นั้นจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณที่ระบบผลิตได้เนื่องจากการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าระหว่างบัสไฟฟ้ากระแสตรงกับแบตเตอรี่ของกริด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากกรณีจำลองสภาพอากาศที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 กรณีสามารถสรุปข้อมูลต่างๆที่ได้จากการจำลองระบบเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

สภาพอากาศ	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (W/m <sup>2</sup> )	สถานะการประจุเมื่อสิ้นสุดการทดลอง	ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบนาโนกริด (A)	ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบนาโนกริด (V)	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบนาโนกริด (W)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	ค่าความสูญเสีย (%)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เก็บได้จริง (kWh)
ฟ้าโปร่ง	602.11	100	137.077	31.57	3964.716	51.541	11.452	45.639
มีเมฆบางส่วน	384.04	82.096	112.287	28.460	3204.446	41.658	10.256	37.385
มีแดดออกและมีฝนตก	383.46	81.939	112.071	28.509	3202.995	41.626	10.361	37.313
ฟ้าครึ้มและฝนตก	194.99	41.736	56.405	28.217	1594.756	20.732	9.419	18.779

#### 4.7 ผลการจำลองการอัดประจุ กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line

จากการจำลองระบบเมื่อยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่หนึ่งทำการเข้าชาร์จแบตเตอรี่ที่แทนอัดประจุภายในระบบกริด โดยมีสถานะการประจุของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานเริ่มต้นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ทำการวัดค่าต่างๆได้ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้

- จากรูปที่ 4.41 (ก) แสดงกราฟสถานะการประจุแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่หนึ่งในขณะที่ยานยนต์ไฟฟ้ามีแบตเตอรี่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งภายในเวลาที่กำหนดแทนอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านี้ได้เพิ่ม 9.80 เปอร์เซ็นต์ซึ่งคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถชาร์จได้ 9.31 กิโลวัตต์ชั่วโมง และรูปที่ 4.41 (ข) แสดงกราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานที่มีสถานะเริ่มต้นอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์และลดลง 33.60 เปอร์เซ็นต์หลังจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไป 15.49 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ถูกคายประจุกับการอัดประจุนั้นคิดเป็นค่าความสูญเสียประมาณ 39.90 เปอร์เซ็นต์

- จากรูปที่ 4.42 กราฟกำลังไฟฟ้าระยะเวลา 60 นาทีจะพบว่า ยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นนี้มีกำลังอัดประจุสูงสุดที่ 14.91 กิโลวัตต์ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านภายในบัสไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ 14.14 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ถูกคายประจุนั้นจะมีค่าความสูญเสียประมาณ 8.72 เปอร์เซ็นต์

- จากรูปที่ 4.43 กราฟแรงดันไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานและแรงดันของระบบนาโนกริดจะมีระดับแรงดันคงที่ เนื่องจาก DC-DC Converter คงแรงดันไว้ ซึ่งระบบจะทำการอัดประจุที่แรงดันเต็มพิกัดที่ 600 โวลต์ให้กับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า จะได้ว่าแรงดันที่แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะอัดประจุจะมีระดับแรงดันที่ 588 โวลต์ จนเมื่อครบกำหนดเวลาแรงดันของบัสไฟฟ้ากระแสตรงนั้นเพิ่มขึ้นจนมีระดับแรงดันที่ 1078 โวลต์และลดระดับแรงดันลงมาที่ 600 โวลต์ภายใน 5 นาทีเพื่อที่จะเข้าสู่โหมดเก็บเกี่ยวพลังงานต่อไป

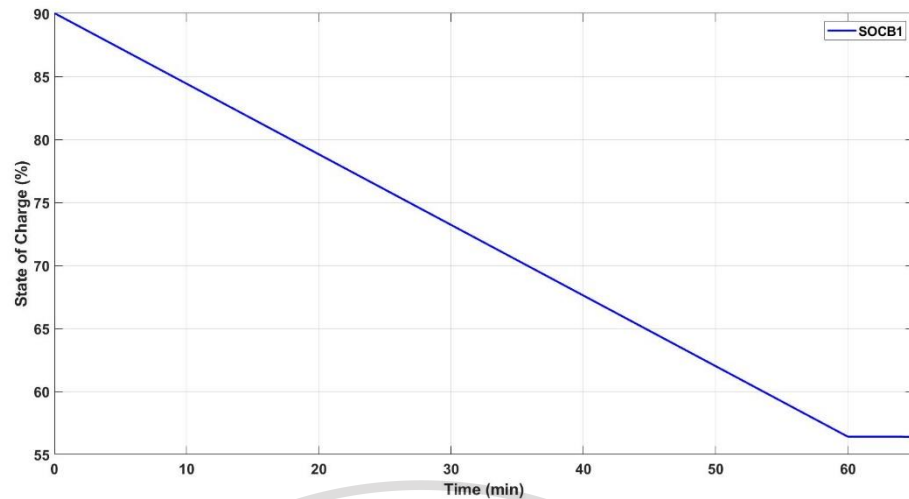
- จากรูปที่ 4.44 (ก) ค่ากระแสของระบบกักเก็บพลังงานก่อนถูกแปลงแรงดันจะถูกกำหนดให้ขนาดกระแสไม่เกินที่ 300 แอมแปร์ ในช่วงของการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานนั้นจะมีค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ที่ 150 แอมแปร์

- จากรูปที่ 4.44 (ข) และรูปที่ 4.44 (ค) เป็นกราฟแสดงค่ากระแสที่ออกจากบัสไฟฟ้ากระแสตรงไปสู่แทนอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีขนาดประมาณ 22 แอมแปร์โดยเป็นค่ากระแสไฟฟ้าหลังจากการแปลงแรงดันของ DC-DC Converter

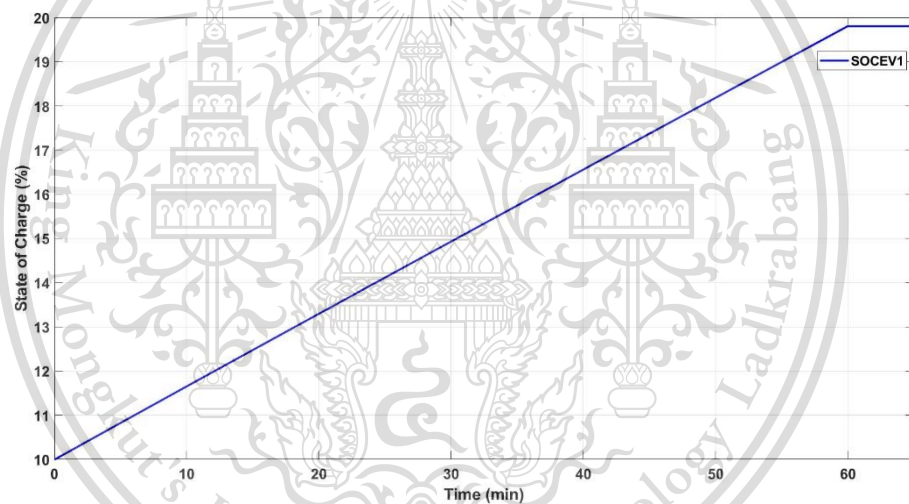
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก) แบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน



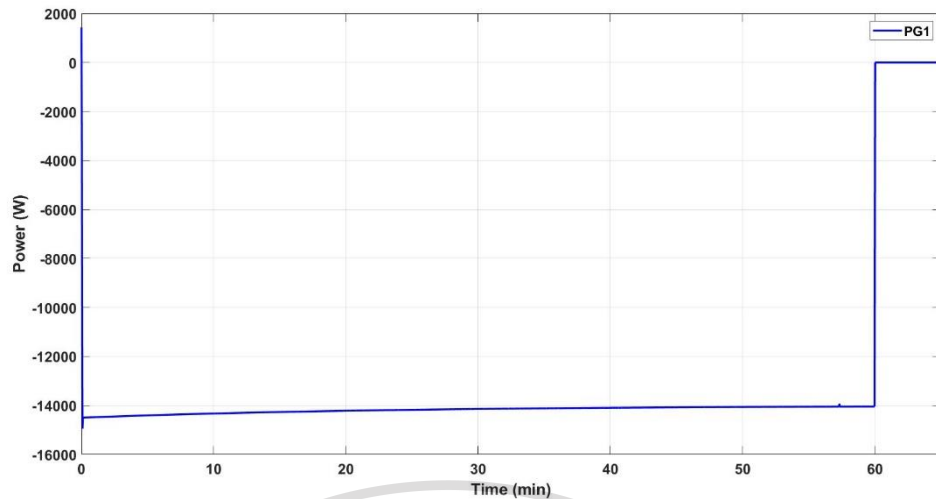
(ข) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.41 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line

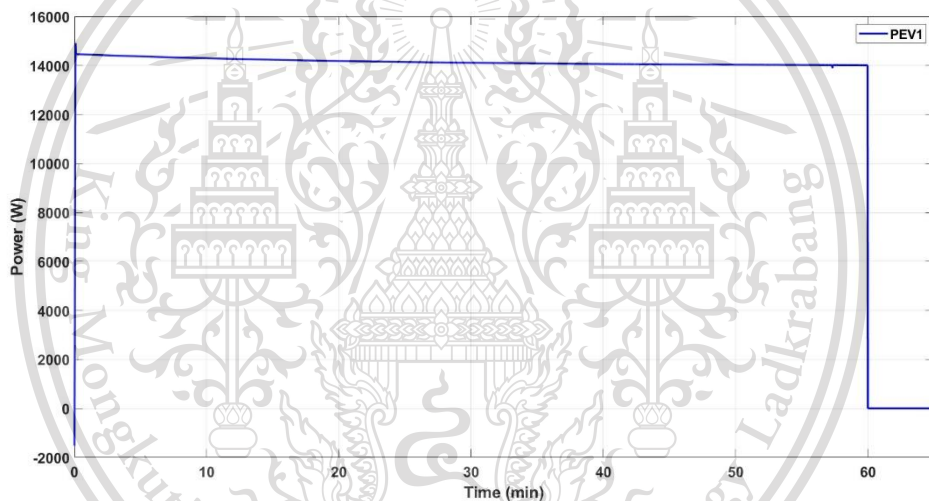
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก) ระบบนาโนกริด



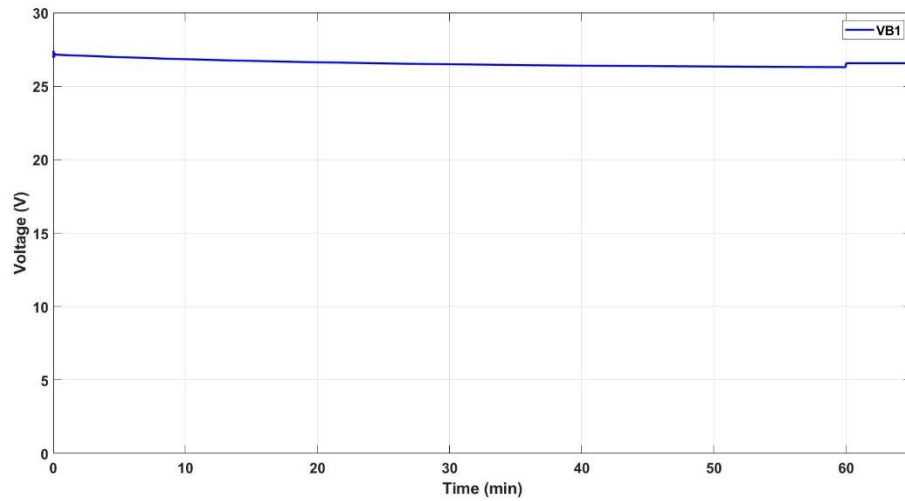
(ข) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.42 กราฟกำลังไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line

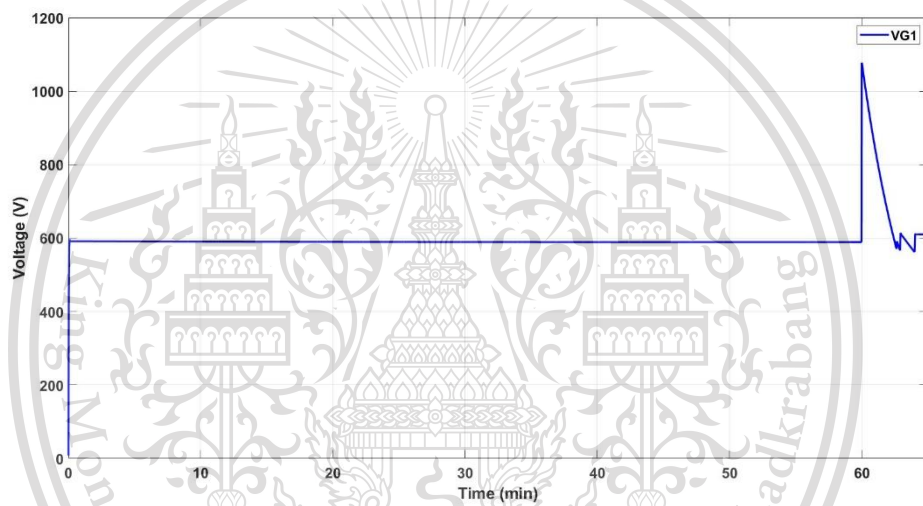
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

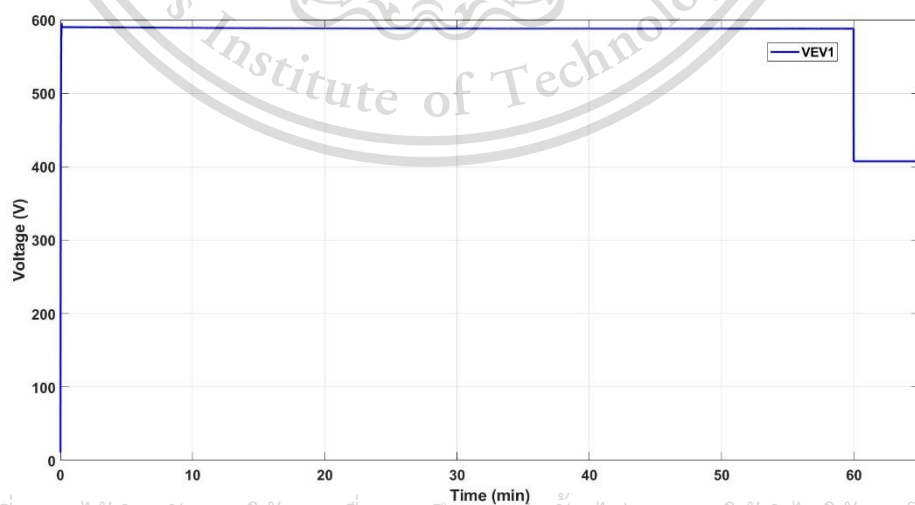
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน



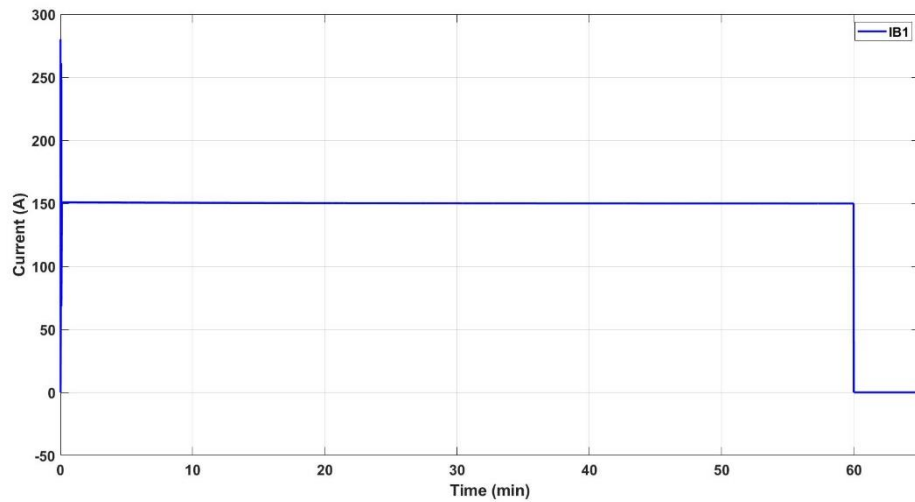
(ข) ระบบนาโนกริด



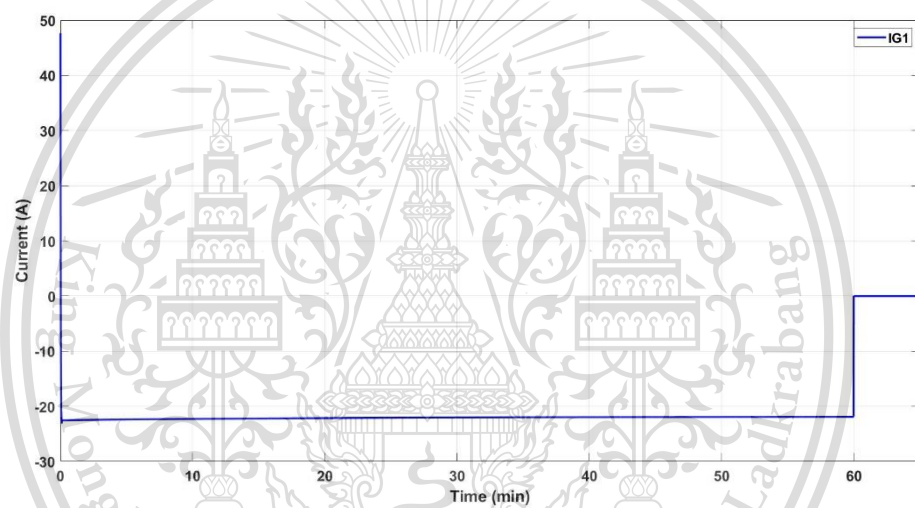
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.43 กราฟแรงดันไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line.

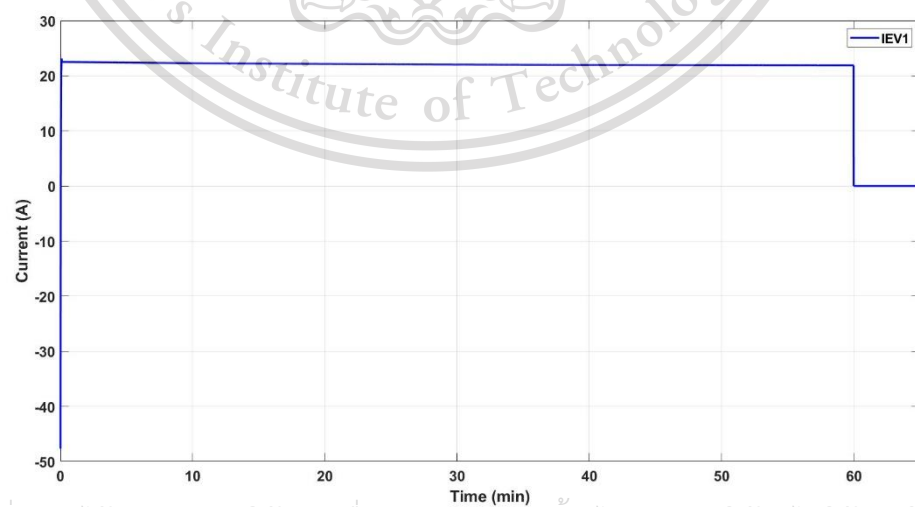
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.  
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) แบตเตอรี่ของระบบนำถักเก็บพลังงาน



(ข) ระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.44 กราฟกระแสไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line

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

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

#### 4.8 ผลการจำลองการอัดประจุ กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e

จากการจำลองระบบเมื่อยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่สองทำการเข้าชาร์จแบตเตอรี่ที่แทนอัดประจุภายในระบบกริด โดยมีสถานะการประจุของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานเริ่มต้นที่ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ทำการวัดค่าต่างๆได้ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้

- จากรูปที่ 4.45 (ก) แสดงกราฟสถานะการประจุแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นที่สอง ในขณะที่ยานยนต์ไฟฟ้ามีแบตเตอรี่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งภายในเวลาที่กำหนดแทนอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านี้ได้เพิ่ม 13.32 เปอร์เซ็นต์ซึ่งคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถชาร์จได้ 7.23 กิโลวัตต์ชั่วโมง และรูปที่ 4.45 (ข) แสดงกราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานที่มีสถานะเริ่มต้นอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์และลดลง 29.19 เปอร์เซ็นต์หลังจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งคิดเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไป 13.46 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ถูกคายประจุกับการอัดประจุนั้นคิดเป็นค่าความสูญเสียประมาณ 53.71 เปอร์เซ็นต์

- จากรูปที่ 4.46 กราฟกำลังไฟฟ้าระยะเวลา 60 นาที จะพบว่ายานยนต์ไฟฟ้ารุ่นนี้กำลังอัดประจุสูงสุดที่ 12.72 กิโลวัตต์ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านภายในบัสไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ 12.26 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ถูกคายประจุนั้นจะมีค่าความสูญเสียประมาณ 8.92 เปอร์เซ็นต์

- จากรูปที่ 4.47 กราฟแรงดันไฟฟ้า โดยแรงดันไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานและแรงดันของระบบนาโนกริดจะมีระดับแรงดันคงที่ เนื่องจาก DC-DC Converter คงแรงดันไว้ ซึ่งระบบจะทำการอัดประจุที่แรงดันเต็มพิกัดที่ 600 โวลต์ให้กับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า จะได้ว่าแรงดันที่แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะอัดประจุจะมีระดับแรงดันที่ 590 โวลต์ จนเมื่อครบกำหนดเวลาแรงดันของบัสไฟฟ้ากระแสตรงนั้นเพิ่มขึ้นจนมีระดับแรงดันที่ 1078 โวลต์และลดระดับแรงดันลงมาที่ 600 โวลต์ภายใน 5 นาทีเพื่อที่จะเข้าสู่โหมดเก็บเกี่ยวพลังงานต่อไป

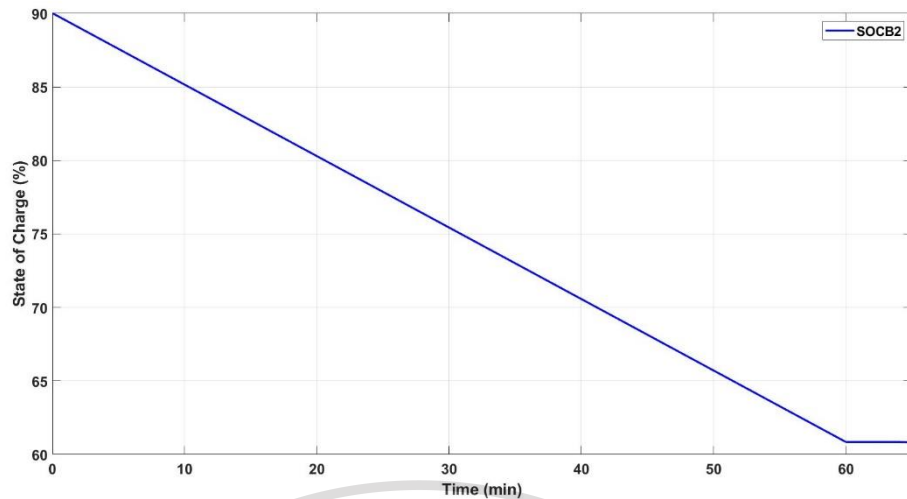
- จากรูปที่ 4.48 (ก) ค่ากระแสของระบบกักเก็บพลังงานก่อนถูกแปลงแรงดันจะถูกกำหนดให้ขนาดกระแสไม่เกินที่ 300 แอมแปร์ ในช่วงของการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานนั้นจะมีค่ากระแสไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ที่ 134 แอมแปร์

- จากรูปที่ 4.48 (ข) และรูปที่ 4.48 (ค) เป็นกราฟแสดงค่ากระแสที่ออกจากบัสไฟฟ้ากระแสตรงไปสู่แทนอัดประจุแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีขนาดประมาณ 19.3 แอมแปร์โดยเป็นค่ากระแสไฟฟ้าหลังจากการแปลงแรงดันของ DC-DC Converter

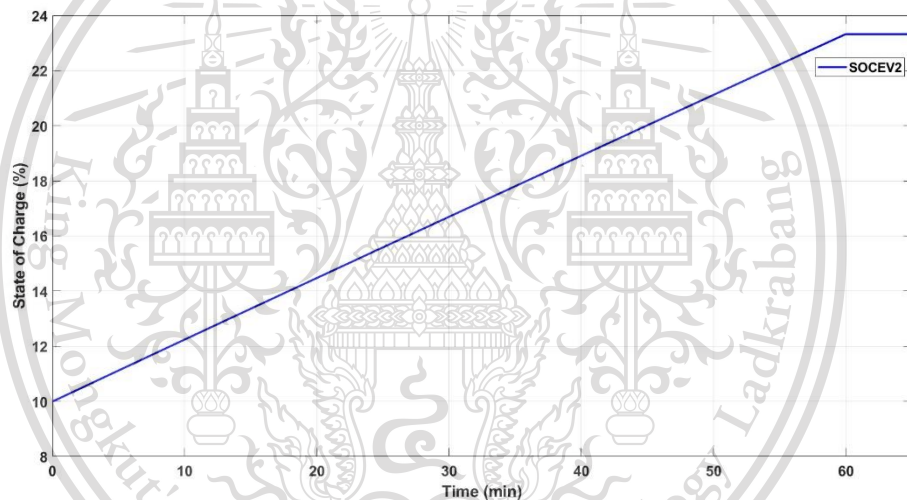
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก) แบตเตอรี่แต่ละโมดูลของระบบกักเก็บพลังงาน



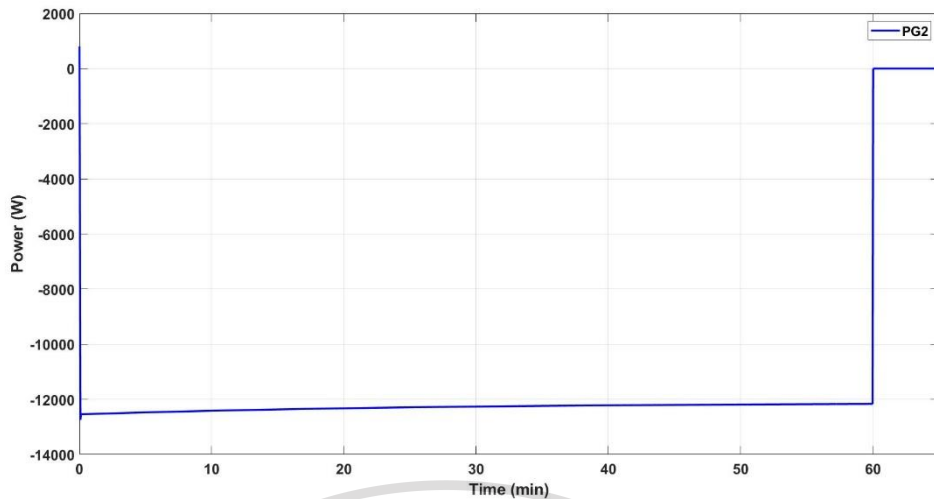
(ข) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.45 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่กรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e

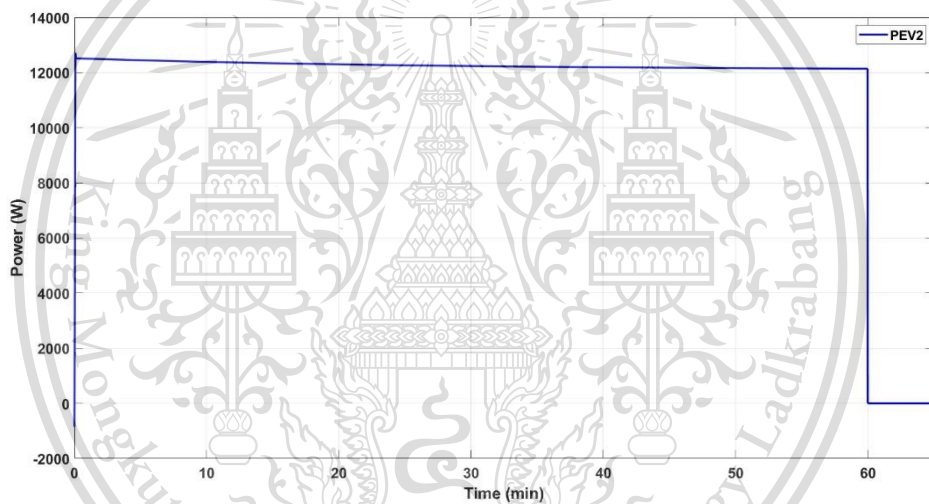
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



(ก) ระบบนาโนกริด



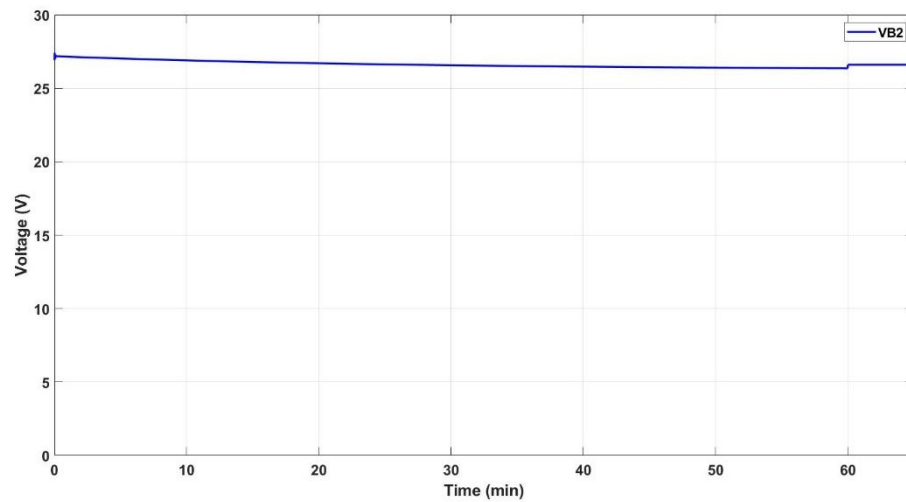
(ข) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

รูปที่ 4.46 กราฟกำลังไฟฟ้ากรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e

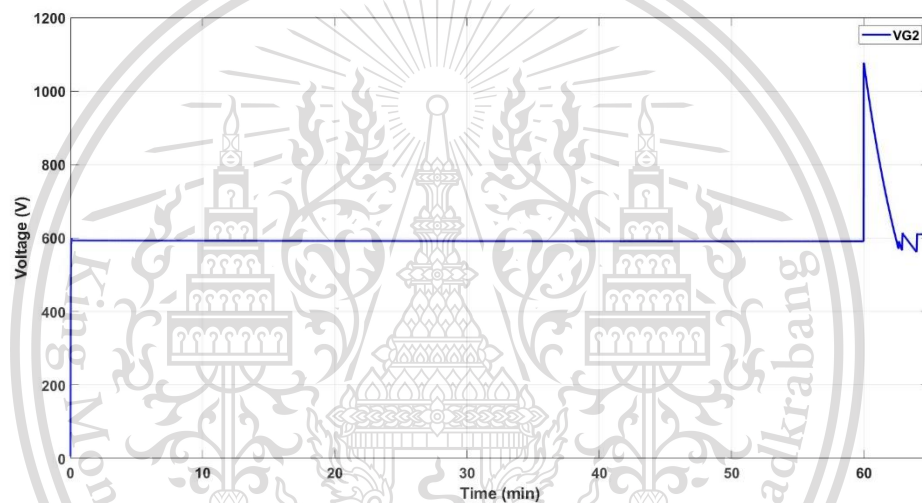
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

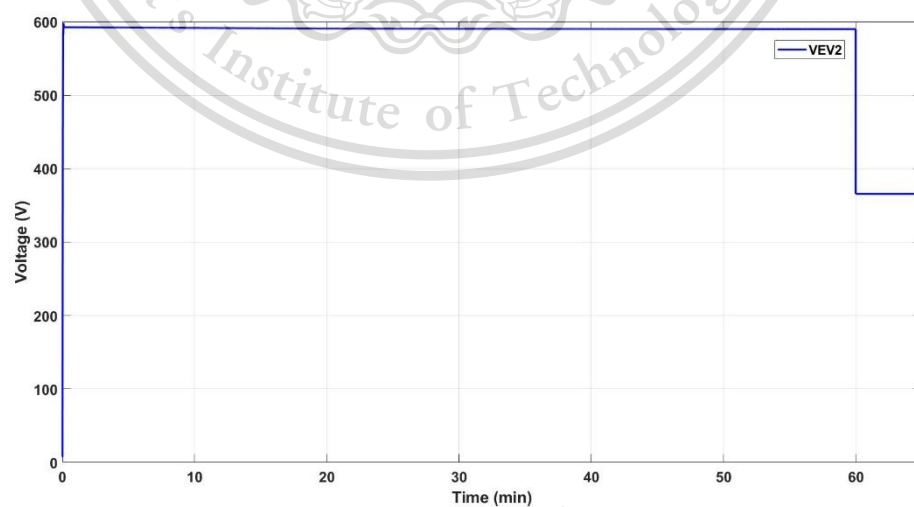
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน



(ข) ระบบนาโนกริด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

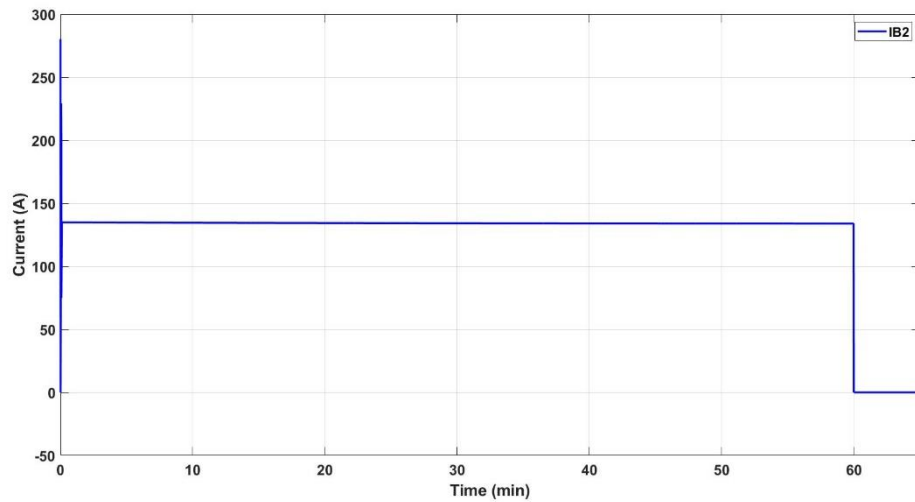
(ค) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

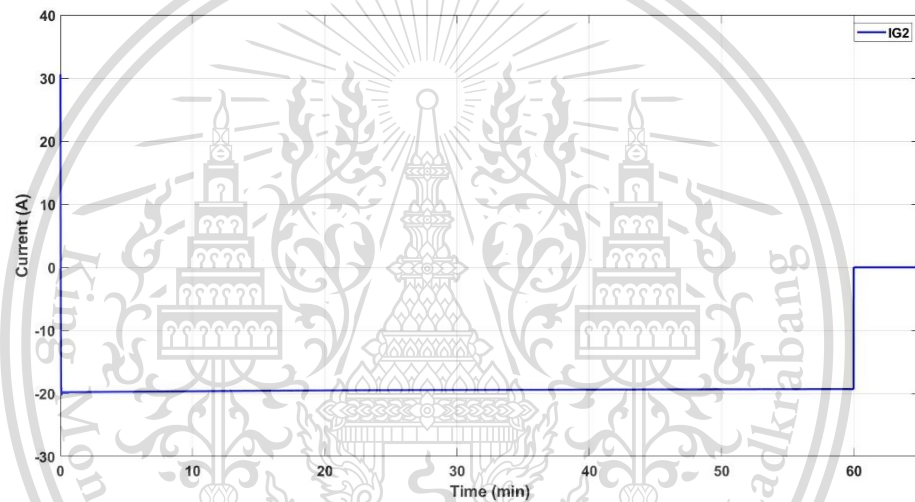
รูปที่ 4.47 กราฟแรงดันไฟฟ้าการณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e

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

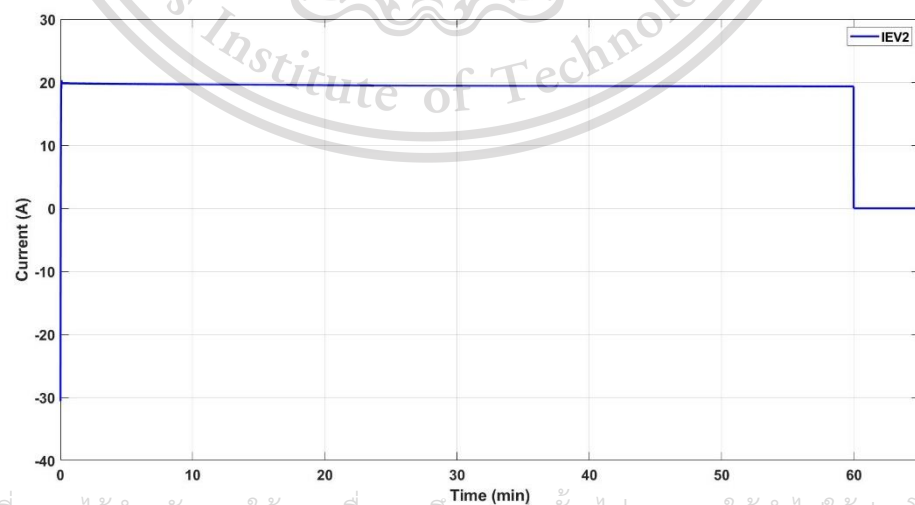
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน



(ข) ระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง



(ค) แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only. It is not permitted to be used for commercial use.

รูปที่ 4.48 กราฟกระแสไฟฟ้าการณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e  
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

#### 4.9 เปรียบเทียบผลการจำลองการอัดประจุของแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 รุ่น

จากกรณีการศึกษาการอัดประจุของแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 รุ่น ในหัวข้อที่ 4.7 และ 4.8 สามารถสรุปข้อมูลต่างๆที่ได้จากการจำลองระบบ แสดงดังตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 4.2** ค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ

ยี่ห้อรถ	ค่าสถานะการประจุของหน่วยกักเก็บพลังงาน (%)		ค่าสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า (%)	
	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	90	56.40	10	19.80
Lexus UX 300e	90	60.81	10	23.32

จากตารางที่ 4.2 แสดงถึงค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ โดยสถานะการประจุของแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานที่มีสถานะเริ่มต้นอยู่ที่ 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานลดลง 33.60 เปอร์เซ็นต์ในกรณียานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line และ 29.12 เปอร์เซ็นต์ในกรณีรุ่น Lexus UX 300e ในขณะที่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าทั้งสองรุ่นมีแบตเตอรี่ 10 เปอร์เซ็นต์ แท่นอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีรุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ได้เพิ่ม 9.80 เปอร์เซ็นต์ และชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีรุ่น Lexus UX 300e ได้เพิ่ม 13.32 เปอร์เซ็นต์

**ตารางที่ 4.3** ประสิทธิภาพของการโอนถ่ายพลังงานระหว่างระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

ยี่ห้อรถ	แรงดันแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะอัดประจุ (V)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่าย (kWh)	พลังงานไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุได้ (kWh)	ความสูญเสียทั้งหมด (%)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	588	15.49	9.31	39.90
Lexus UX 300e	590	13.46	7.23	53.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอให้งดเผยแพร่ข้อมูลนี้ไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

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

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

จากตารางที่ 4.3 แสดงถึงความสูญเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายโอนพลังงาน โดยยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line มีค่าความสูญเสียทั้งหมด 33.9 เปอร์เซ็นต์ และยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e มีค่าความสูญเสีย 53.71 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

ยี่ห้อรถ	แรงดัน แบตเตอรี่ยาน ยนต์ไฟฟ้าขณะ อัดประจุ (V)	กระแส แบตเตอรี่ยาน ยนต์ขณะอัด ประจุ (A)	กำลังอัด ประจุสูงสุด (kW)	ปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ส่งผ่าน ภายในบัสไฟฟ้า กระแสตรง (kWh)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	588	150	14.91	14.14
Lexus UX 300e	590	134	12.72	12.26

จากตารางที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแสดงค่าโดยประมาณของค่าความสูญเสียจริงแปลงแรงดันกระแสตรง

ตารางที่ 4.5 พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อระยะทางจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉิน

ยี่ห้อรถ	พลังงานไฟฟ้าที่ สามารถอัดประจุได้ (kWh)	พลังงานที่ใช้ (Wh/km)	ระยะทาง (km)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	9.31	258	36.09
Lexus UX 300e	7.23	192	37.66

จากตารางที่ 4.5 แสดงถึงระยะทางที่ยานยนต์ไฟฟ้าทั้งสองรุ่นทำงานได้หลังจากการอัดประจุจากแท่นอัดประจุภายในระบบ สำหรับยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line สามารถเดินทางได้ 36.09 กิโลเมตร และยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e สามารถเดินทางได้ 37.66 กิโลเมตร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## บทที่ 5

### สรุปผลการจำลอง

#### 5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์เป็นการจำลองระบบนาโนกริดซึ่งประกอบไปด้วยระบบบัสไฟฟ้า กระแสตรงและระบบเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าประกอบไปด้วยแบบจำลองโมดูลของเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 30 โมดูลและระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าประกอบไปด้วยแบบจำลองแบตเตอรี่จำนวน 5 โมดูล ซึ่งได้มีการออกแบบและตั้งค่าพารามิเตอร์วงจรต่างๆผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการจำลองผลการทำงานของระบบกริดที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉินซึ่งจะถูกใช้ในกรณีที่ยานยนต์ไฟฟ้าไม่สามารถไปถึงที่หมายด้วยปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เหลือได้

จากการจำลองการทำงานของระบบที่ได้ทำการพัฒนาโดยมีผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ต้องการศึกษาทั้งหมด 2 กรณี ได้แก่ การทดลองเพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน และการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับโหนดที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ได้ผลการทดลองดังนี้

ในการศึกษากรณีแรก คือการจำลองเพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน ผลการจำลองกรณีที่เก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดคือกรณีที่สภาพอากาศและท้องฟ้าโปร่งตลอดช่วงเวลาในการทดลองจะสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าได้ 51.5413 กิโลวัตต์ชั่วโมง และสามารถกักเก็บไว้ในระบบกักเก็บพลังงานได้ 45.6390 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างบัสไฟฟ้ากระแสตรงกับแบตเตอรี่ของกริดเท่ากับ 11.45% และกรณีที่เก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดคือกรณีที่มีสภาพอากาศและท้องฟ้าที่มีฝนตกตลอดช่วงเวลาในการทดลองจะสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าได้ 20.7318 กิโลวัตต์ชั่วโมง และสามารถกักเก็บไว้ในระบบกักเก็บพลังงานได้ 18.7791 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างบัสไฟฟ้ากระแสตรงกับแบตเตอรี่ของกริดเท่ากับ 9.41% โดยการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นที่วงจรคอนเวอร์เตอร์

ในการศึกษากรณีที่สอง คือการจำลองเพื่อศึกษาความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับโหนดที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน จากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของยานยนต์ไฟฟ้าวุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line การอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในระยะเวลา 60 นาที ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า 8.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ยานยนต์ไฟฟ้าได้รับการอัดประจุเข้าไปมีค่าเท่ากับ 5.66 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีค่าความสูญเสียระหว่างระบบกักเก็บพลังงานกับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเท่ากับ 33.9 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของยานยนต์ไฟฟ้าวุ่น Lexus UX 300e การอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในระยะเวลา 60 นาที ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า 8.27 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารของงานวิจัยที่เผยแพร่โดยไม่หวังผลกำไรและสงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของงานวิจัยนี้

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามสงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของงานวิจัยนี้

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

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

ชั่วโมง และพลังงานไฟฟ้าที่ยานยนต์ไฟฟ้าได้รับการอัดประจุเข้าไปมีค่าเท่ากับ 4.88 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งมีค่าความสูญเสียระหว่างระบบกักเก็บพลังงานกับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเท่ากับ 41.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบนั้นเกิดจากวงจรคอนเวอร์เตอร์และค่าความสูญเสียภายในแบตเตอรี่

## 5.2 ปัญหาที่พบ

1. ค่าความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างบัสไฟฟ้ากระแสตรงกับแบตเตอรี่ของกริดมีค่าสูง
2. ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากช่วงของการคำนวณทำให้การคำนวณเกิดความผิดพลาด

## 5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ปรับปรุงวงจรคอนเวอร์เตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ใช้ช่วงของการคำนวณให้น้อยลงเพื่อให้โปรแกรมมีการคำนวณที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. (2564). **การใช้ไฟฟ้า**. [ไฟล์ PDF]. สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทย ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2564, หน้า 4. แหล่งที่มา : [http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 มีนาคม 2564]
- [2] กระทรวงพลังงาน. (2564). **ไฟฟ้า**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [http://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy\\_Statistics/00All.pdf](http://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy_Statistics/00All.pdf) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 มีนาคม 2564]
- [3] ดร.สันฐิติ อยู่มาก, รศ.ดร.อรรถพล เจริญพิทักษ์กุล. (2563). **เรื่อนำรู้ระบบนาโนกริด**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [https://m.facebook.com/mectthailand/photos/a.267114096705060/3329370023812770/?type=3&source=57&\\_\\_tn\\_\\_=EH-R](https://m.facebook.com/mectthailand/photos/a.267114096705060/3329370023812770/?type=3&source=57&__tn__=EH-R) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2563]
- [4] Daniel Burmester, Ramesh Rayudu, Winston Seah, and Daniel Akinyele, “A review of nanogrid topologies and technologies,” **renewable and sustainable energy reviews**, 2017, pp. 762.
- [5] Steven McFadyen. (2556). **Photovoltaic (PV) - Electrical Calculations** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://myelectrical.com/notes/entryid/225/photovoltaic-pv-electrical-calculations#myID1310031> [วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 พฤศจิกายน 2563]
- [6] **MPPT Algorithm** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://www.mathworks.com/solutions/power-electronics-control/mppt-algorithm.html> [วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 พฤศจิกายน 2563]
- [7] กระทรวงพลังงาน. **แบตเตอรี่** [ไฟล์ PDF]. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์, หน้า 31 แหล่งที่มา: <http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%20%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%9F%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8>

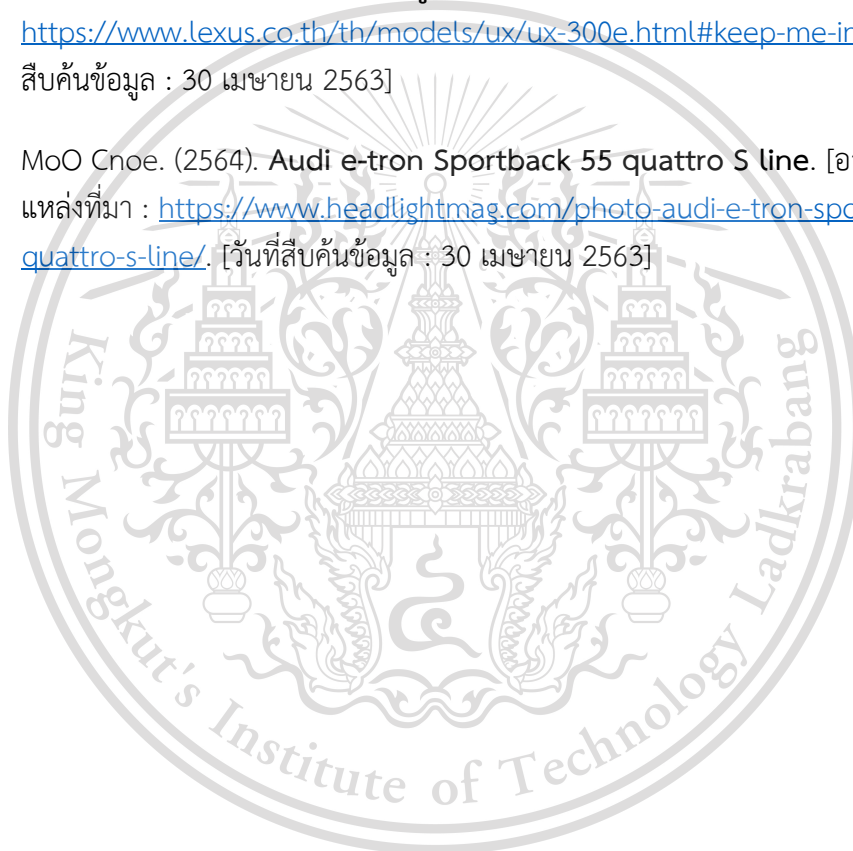
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

%87%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A2%E0%B9%8C%20BLN\_0.pdf [วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 พฤศจิกายน 2563]

- [8] Center of Sustainable Energy. (2564). **Electric Vehicle Charging 101** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://calevip.org/electric-vehicle-charging-101>
- [9] SOLAR BESTTECH. (2564). **Mono Solar Panel แผงโซลาเซลล์ พลังงานแสงอาทิตย์**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.solarbesttech.com/th/products/437833-mono-solar-panel-gspv10m-10m-5bb>. [วันที่สืบค้นข้อมูล : 23 เมษายน 2564]
- [10] Lexus International. (2564). **ข้อมูลจำเพาะเบตเตอร์**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.lexus.co.th/th/models/ux/ux-300e.html#keep-me-informed>. [วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 เมษายน 2563]
- [11] MoO Choe. (2564). **Audi e-tron Sportback 55 quattro S line**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.headlightmag.com/photo-audi-e-tron-sportback-55-quattro-s-line/>. [วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 เมษายน 2563]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

# การพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน The Development of Direct Current Bus and Nanogrid System with Energy Harvesting

พงษ์สุรัตน์ ต๊ะกาบโพธิ์<sup>1</sup> พัทธ์ธีรา ช่วยเมือง<sup>2</sup> และ ภูวนนท์ ทองรอด<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย นลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: 60010650@kmitl.ac.th

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบการจำลองระบบนาโนกริดซึ่งประกอบด้วยระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงและระบบเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยระบบนาโนกริดนี้ที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินที่ยานยนต์ไฟฟ้าไม่มีพลังงานไม่เพียงพอ ซึ่งในการออกแบบและการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบดังกล่าวจะทำการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือการทดลองและวิเคราะห์เกี่ยวกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน และการทดลองเกี่ยวกับความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับยานยนต์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 2 รุ่น โดยผลลัพธ์จากการศึกษาและออกแบบระบบดังกล่าวนี้เพื่อส่งเสริมการสร้างพลังงานทดแทนจากระบบเพื่อเป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ:** ระบบนาโนกริด, ระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง, เก็บเกี่ยวพลังงาน, พลังงานแสงอาทิตย์, การอัดประจุ, ยานยนต์ไฟฟ้า

## Abstract

This project presents the development of direct current bus and nanogrid system with energy harvesting to study and develop. The nanogrid system was created as a prototype to generate electrical energy for charging electric vehicles in the case of an emergency when the electric vehicle does not have enough energy. In designing and parameter settings, the various circuits of such systems are simulated through a computer program. The case study was divided into two cases experiment and analysis of the amount of electricity produced by the system in different climates. And an experiment on the capacitance of the charger in the grid for two different electric vehicles.

**Keywords:** Nanogrid system, Direct current bus system, Energy harvesting, Solar energy, Charging, Electrical vehicles

## 1. บทนำ

เนื่องจากสถานการณ์ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต จะเห็นว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จะเติบโตอย่างสม่ำเสมอและมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้แนวโน้มในการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง และเมื่อพูดถึงเทคโนโลยีด้านการจัดการพลังงานไฟฟ้า และแนวโน้มการใช้พลังงานสะอาดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการใช้ระบบโครงข่ายอัจฉริยะ (Smart grid) เกิดขึ้น ระบบสมาร์ตกริดนี้เข้ามาช่วยในการจัดการระบบไฟฟ้า ทั้งการผลิต การจ่ายและรับพลังงาน การจัดเก็บรวมไปถึงการจัดการสรรพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบสมาร์ตกริดแบบนาโนกริดนั้นเป็นระบบไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้านหนึ่งหลังหรืออาคารเพียงหนึ่งแห่ง และระบบนาโนกริดมีข้อดีในเรื่องการจัดการพลังงานระหว่างระบบผลิตพลังงานและระบบกักเก็บพลังงานด้วยต้นทุนการติดตั้งและการดำเนินงานที่ถูกลง

ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและจำลองการทำงานของระบบนาโนกริด โดยมีขอบเขตของกริดที่ครอบคลุมไปตามความยาวถนน ซึ่งระบบนี้จะทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินที่ยานยนต์ไฟฟ้าไม่มีแบตเตอรี่ไม่เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนไปถึงจุดหมาย โดยทำการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ระบบเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบในสภาพอากาศที่ต่างกันและความสามารถในการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าของระบบ

จากการวิเคราะห์พบว่าระบบสามารถผลิตพลังงานและกักเก็บพลังงานได้สูงสุดในวันที่มีท้องฟ้าโปร่ง และปริมาณต่ำสุดในวันที่ท้องฟ้าครึ้มและมีฝนตก อีกกรณีคือการทดลองเกี่ยวกับความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับยานยนต์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 2 รุ่น โดยค่าสถานะการอัดประจุที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละรุ่น เพื่อให้เพียงพอสำหรับขับเคลื่อนไปถึงจุดหมาย โดยระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อจ่ายให้กับโหลดทางไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูง มีความน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัย เพื่อส่งเสริมการสร้างพลังงานทดแทนจากระบบนาโนกริดนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อทั้งทางด้านพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

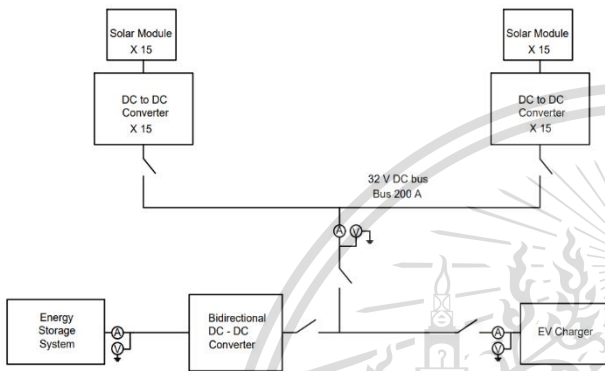
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## 2. การจำลองโดยใช้โปรแกรมในระบบคอมพิวเตอร์

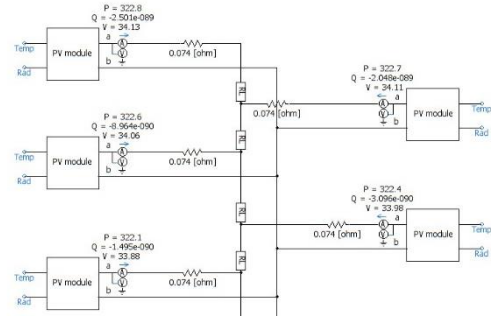
การพัฒนาาระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะทำการศึกษาการออกแบบและจำลองการทำงานของระบบภายในขอบเขตของกริดที่ครอบคลุมไปตามความยาวถนนหนึ่งกิโลเมตร เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับแท่นอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า โดยโครงสร้างระบบจะประกอบไปด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทน ระบบกักเก็บพลังงาน และแท่นอัดประจุ ซึ่งเชื่อมกันด้วยบัสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โค้ดแกรมเส้นเดียวสำหรับโครงสร้างระบบนาโนกริดและระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรง

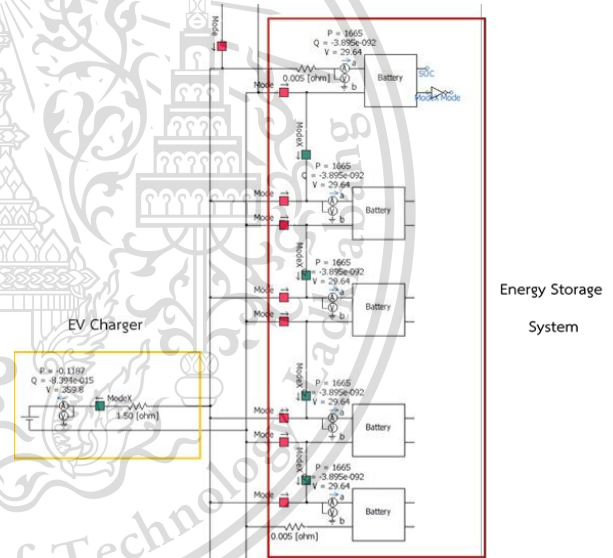
จากโครงสร้างของระบบในรูปที่ 1 ได้ทำการการออกแบบวงจรต่างๆที่ถูกใช้ภายในกริดเพื่อรองรับการอัดประจุของยานยนต์ไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งาน โดยใช้โปรแกรมจำลองระบบทางไฟฟ้า PSCAD จากการตั้งค่าพารามิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโปรแกรม PSCAD สามารถจำลองและออกแบบวงจรต่างๆภายในระบบให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านวงจรกำลังและวงจรควบคุมเพื่อนำมาเชื่อมกันภายในกริด โดยจะแบ่งการทำงานของโปรแกรมออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

ในส่วนแรกจะเป็นส่วนของแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2 โดยภายในขอบเขตของกริดจะมีแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือ Photovoltaics module (PV module) ทั้งหมด 30 PV module โดยแต่ละโมดูลจะประกอบไปด้วย วงจรกำลังและวงจรควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยมีการเก็บเกี่ยวพลังงานของแสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำได้โดยการใช้ระบบการปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking, MPPT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2 ตัวอย่างโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง

ส่วนที่สองเป็นส่วนของวงจรจำลองที่ทำหน้าที่กักเก็บพลังงาน โดยระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) ภายในกริดจะประกอบไปด้วย โมดูลแบตเตอรี่คู่ขนานกันทั้งหมด 5 โมดูล โดยจะมีการชาร์จประจุไฟฟ้า (Charge) ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ภายในกริดและคายประจุ (Discharge) ไปยังส่วนที่สามของระบบซึ่งก็คือแท่นอัดประจุ (EV Charger) สำหรับชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบกักเก็บพลังงานและแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ในโปรแกรมจำลอง

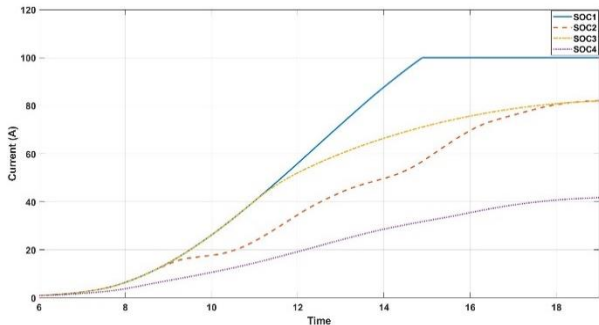
## 3. ผลการจำลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

### 3.1 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์การผลิตพลังงานไฟฟ้าในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

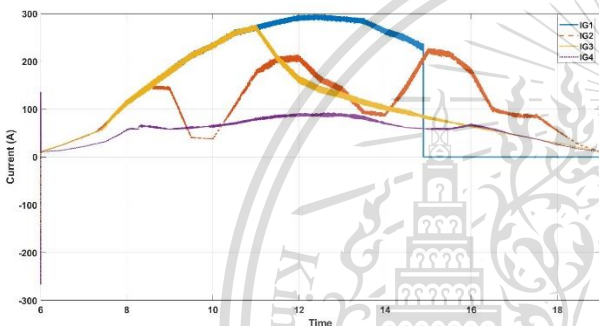
ในระบบ โครงข่ายไฟฟ้านี้เป็นระบบที่มีพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอนในสัดส่วนสูง ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงและสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งได้ทำการจำลองในความเข้มแสงและสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแบ่งได้ไม่ต่ำกว่า 4 กรณี และทำการวัดค่าของ สถานะการประจุ (State of Charge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่เช่นงานค้า ความเข้มแสงและสภาพอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแบ่งได้ไม่ต่ำกว่า 4 กรณี และทำการวัดค่าของ สถานะการประจุ (State of Charge)

กระแสไฟฟ้า (I), และกำลังไฟฟ้าจริง (P) เพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตและกักเก็บได้ภายในกริด โดยช่วงเวลาที่ทำการศึกษาและทดลองในแต่ละวัน คือ ตั้งแต่ 06.00 นาฬิกา ถึง 19.00 นาฬิกา เป็นไปตามรูปที่ 4, 5, และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 4 กราฟสถานะการประจุไฟของแบตเตอรี่แต่ละช่วงเวลาทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 5 การจำลองกระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาทั้ง 4 กรณี



รูปที่ 7 การจำลองกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาทั้ง 4 กรณี

จากกรณีสองทั้งหมด 4 กรณีสมาสามารถสรุปข้อมูลต่างๆที่ได้จากการจำลองระบบเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะพบว่าจากทุกกรณีสี่ที่กล่าวมานั้นปริมาณในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์และสภาพอากาศของแต่ละวัน และจากตารางจะเห็นว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบสามารถกักเก็บได้นั้นจะมีค่าน้อยกว่าปริมาณที่ระบบผลิตได้เนื่องจากการสูญเสียของพลังงานไฟฟ้าระหว่างบัสไฟฟ้ากระแสตรงกับแบตเตอรี่ของกริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำงาเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตให้ขงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

สภาพอากาศ	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (W)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	ค่าสูญเสีย (%)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เก็บได้จริง (kWh)
ฟ้าโปร่ง	602.11	3964.7	51.541	11.45	45.64
มีเมฆบางส่วน	384.04	3204.4	41.658	10.26	37.39
แดดออกและมีฝน	383.46	3202.9	41.626	10.36	37.31
ฝนตก	194.99	1594.8	20.732	9.42	18.78

### 3.2 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์การอัดประจุของแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

การจำลองความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุให้กับยานยนต์ไฟฟ้าด้วยการจำลองระบบ ซึ่งมีการกำหนดเวลาให้ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถอัดประจุไฟฟ้าได้ครั้งละ 60 นาที โดยการอัดประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าเต็มพิกัดที่ 600 โวลต์ และจำกัดขนาดของกระแสไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ที่ 300 แอมแปร์ จากการจำลองได้ทำการวัดค่าของสถานะการประจุ (State of Charge, SOC), กระแสไฟฟ้า (I), แรงดันไฟฟ้า (V), และกำลังไฟฟ้าจริง (P) จะได้ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของยานยนต์ไฟฟ้า 2 รุ่น ได้แก่ ยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line และ ยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e ตามตารางที่ 2, 3, 4 และ ตารางที่ 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ

ยี่ห้อรถ	ค่าสถานะการประจุของหน่วยกักเก็บพลังงาน (%)		ค่าสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า (%)	
	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	90	56.40	10	19.80
Lexus UX 300e	90	60.81	10	23.32

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า

ยี่ห้อรถ	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังสูงสุด (kW)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าภายในแบตเตอรี่ (kWh)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	588	150	14.91	14.14
Lexus UX 300e	590	134	12.72	12.26

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพของการโอนถ่ายพลังงานระหว่างระบบกักเก็บพลังงานของกริดและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

ยี่ห้อรถ	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จ่าย (kWh)	พลังงานไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุได้ (kWh)	ความสูญเสียทั้งหมด (%)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	15.49	9.31	39.90
Lexus UX 300e	13.46	7.23	53.71

ตารางที่ 5 พลังงานไฟฟ้าที่ได้ต่อระยะทางจากการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าฉุกเฉิน

ยี่ห้อรถ	พลังงานไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุได้ (kWh)	พลังงานที่ใช้ (Wh/km)	ระยะทาง (km)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	9.31	258	36.09
Lexus UX 300e	7.23	192	37.66

#### 4. สรุป

การพัฒนาระบบนาโนกริดและระบบแบตเตอรี่ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยระบบเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ในการศึกษากรณีแรก คือการจำลองเพื่อศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้ภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน ผลการจำลองกรณีที่เกี่ยวข้องพลังงานไฟฟ้าสูงสุดคือกรณีที่สภาพท้องฟ้าโปร่งและกรณีที่เก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดคือกรณีที่สภาพอากาศที่มีฝนตกตลอด ในการศึกษากรณีที่สอง คือการจำลองเพื่อศึกษาความสามารถในการอัดประจุของแท่นอัดประจุภายในกริดให้กับโหนดที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน 2 รุ่น ในระยะเวลา 60 นาที จากผลการจำลองของยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า 8.57 กิโลวัตต์ชั่วโมง และจาก

ผลการจำลองของยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Lexus UX 300e ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าได้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า 8.27 กิโลวัตต์ชั่วโมง

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน. (2564). การใช้ไฟฟ้า. [ไฟล์ PDF]. สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทย ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2564, หน้า 4. แหล่งที่มา : [http://www.eppo.go.th/index.php/th/energyinformation/situation-oil-electric?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/energyinformation/situation-oil-electric?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 มีนาคม 2564]
- [2] กระทรวงพลังงาน. (2564). ไฟฟ้า. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [http://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy\\_Statistics/00All.pdf](http://www.eppo.go.th/images/EnergyStatistics/energyinformation/Energy_Statistics/00All.pdf) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 มีนาคม 2564]
- [3] ดร.สันจิติ อยู่มาก, รศ.ดร.อรรรพพล เก่าพิทักษ์กุล. (2563). เรื่องนำรู้ระบบนาโนกริด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : [https://m.facebook.com/mecthailand/photos/a.26711409670560/3329370023812770/?type=3&source=57&\\_tn\\_=EH-R](https://m.facebook.com/mecthailand/photos/a.26711409670560/3329370023812770/?type=3&source=57&_tn_=EH-R) [วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ตุลาคม 2563]
- [4] Daniel Burmester, Ramesh Rayudu, Winston Seah, and Daniel Akinyele, "A review of nanogrid topologies and technologies," renewable and sustainable energy reviews, 2017, pp. 762.

#### ประวัติผู้เขียนบทความ



นายพงษ์สุรัตน์ ต๊ะกานโพธิ์ 60010650  
ที่อยู่ เลขที่ 27 หมู่ 8 ตำบลบ้านเกาะ  
อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 53170  
E-mail [60010650@kmit.ac.th](mailto:60010650@kmit.ac.th)  
เบอร์โทรศัพท์ 098-823-0293



นางสาวพัทธ์ธีรา ช่วยเมือง 60010689  
ที่อยู่ เลขที่ 169 ถนนราชดำเนิน ตำบลทับเที่ยง  
อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000  
E-mail [60010689@kmit.ac.th](mailto:60010689@kmit.ac.th)  
เบอร์โทรศัพท์ 0957678941



นายภูวนนท์ ทองรอด 60010815  
ที่อยู่ เลขที่ 225 หมู่ 7 ตำบลเวียงสระ อำเภอเวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84190  
E-mail [60010815@kmit.ac.th](mailto:60010815@kmit.ac.th)  
เบอร์โทรศัพท์ 099-407-5510



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวงจรจำลอง

ข้อมูลการตั้งค่าและอุปกรณ์ต่างๆในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ PSCAD โดยค่าพารามิเตอร์และการตั้งค่าต่างๆที่เลือกใช้ในโปรแกรมจำลองวงจรมอนิเตอร์และระบบบัสไฟฟ้ากระแสตรงนั้นอ้างอิงมากจากการจำลองการทำงานของระบบที่ต้องการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนให้กับแท่นประจุไฟฟ้าสำหรับโพลิตที่เป็นยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอยู่ภายในขอบเขตของกริดตามที่กำหนด คือบริเวณตามความยาวถนนหนึ่งกิโลเมตร

### 1. แหล่งพลังงานทดแทน

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนแบบที่เป็นรูปผลึก ชนิด Monocrystalline Silicon (Mono-Si) และกำหนดปริมาณความเข้มแสง  $1000 \text{ W/m}^2$  และ อุณหภูมิ  $25^\circ \text{C}$  (ซึ่งอ้างอิงจาก Standard Test Condition ; STC คือ ค่าการทดสอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะที่ถูกทดสอบจากโรงงานมาตรฐาน) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้มีคุณลักษณะทางไฟฟ้าดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 คุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโมโนคริสตัลไลน์ ( $1000 \text{ W/m}^2$ ,  $25^\circ \text{C}$ ) [9]

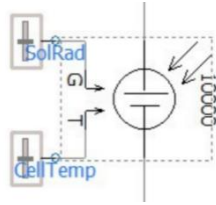
พารามิเตอร์เซลล์แสงอาทิตย์	คุณลักษณะ
Number of Cells	60 Pieces (6x10)
Maximum Power ( $P_{\text{max}}$ )	330 W
Maximum Power Voltage ( $V_{\text{mp}}$ )	32.1 V
Maximum Power Current ( $I_{\text{mp}}$ )	9.35 A
Open Circuit Voltage ( $V_{\text{oc}}$ )	39.35 V
Short Circuit Current ( $I_{\text{sc}}$ )	9.93 A
Cell efficiency	21.4%
Operating Temperature	$-40 \sim +85^\circ \text{C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

1.1 อารีย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Array) เป็นกลุ่มของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อกัน



รูปที่ ข.1 อารีย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในโปรแกรมจำลอง

- Photovoltaic Array



รูปที่ ข.2 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าอารีย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

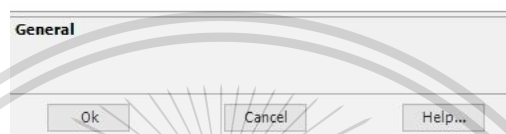
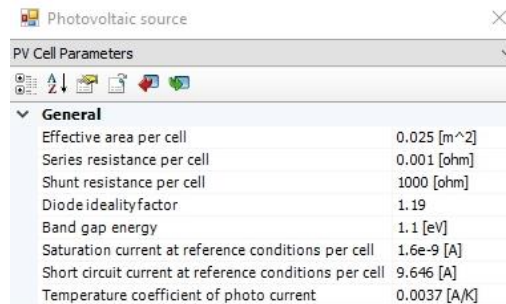
จะมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของอารีย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ ข.2 โดยอ้างอิงจากตารางที่ ข.1 คือ จำนวนเซลล์ต่ออนุกรมกันต่อหนึ่งโมดูล มีจำนวน 60 เซลล์ ค่าความเข้มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอ้างอิงที่สภาวะ STC และตั้งค่าให้จำนวนโมดูลหรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ต่ออนุกรมกันต่อหนึ่งอารีย์ มี 1 โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

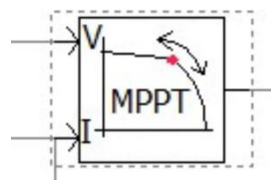
- Photovoltaic Cell



รูปที่ ข.3 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าเซลล์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จะมีการตั้งค่าสำหรับเซลล์แต่ละเซลล์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการจำลอง ดังรูปที่ ข.3 โดยค่าแฟกเตอร์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal factor) และระยะห่างของแถบพลังงาน (Band Gap) ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีในการผลิตโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกมาจำลองคือชนิด Monocrystalline Silicon (Mono-Si) จะได้ว่าค่า Diode Ideality factor มีค่าเท่ากับ 1.19 และมี Band Gap energy เท่ากับ 1.1 อิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับค่ากระแสลัดอิมิตัวได้จากการคำนวณจากสมการที่ 2.10

1.2 การปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracker, MPPT) เป็นอัลกอริทึมที่ถูกใช้ในการออกแบบตัวควบคุมของระบบโฟโตโวลตาอิก

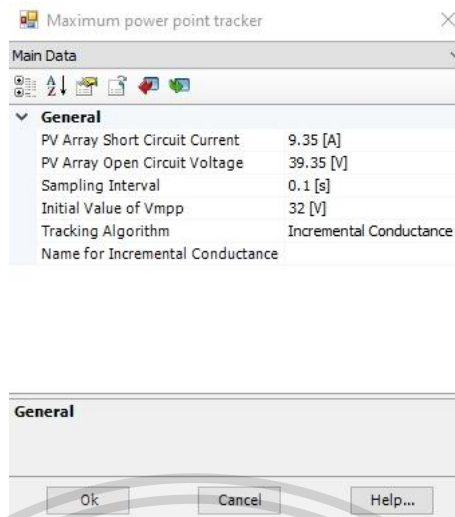


รูปที่ ข.4 การปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด ในโปรแกรมจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

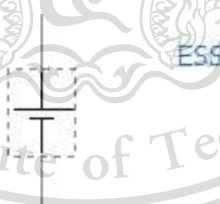
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ข.5 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าการปรับตำแหน่งสูงสุดของกำลังไฟฟ้า

จะมีการตั้งค่าสำหรับการปรับตำแหน่งกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการจำลอง ดังรูปที่ ข.5 โดยอ้างอิงค่ากระแสลัดวงจรและค่าแรงดันตอนวงจรเปิดของอาร์เรย์แผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงค่าแรงดันสูงสุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้กำลังสูงสุดจากรายที่ ข.1 และตั้งค่าช่วงเวลาในการสุ่มค่ามีค่าเท่ากับ 0.1 วินาที

## 2. ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System, ESS)



รูปที่ ข.6 แบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงาน ในโปรแกรมจำลอง

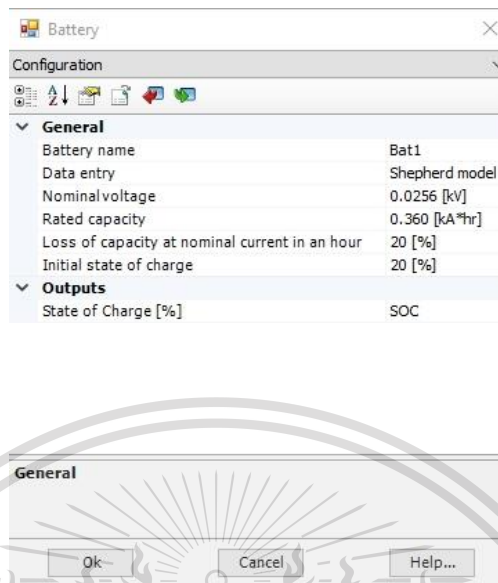
แบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน เลือกใช้เป็นแบตเตอรี่แพ็ค ประเภทลิเทียมไอออน ฟอสเฟต (LiFePO<sub>4</sub>) 9.22 กิโลวัตต์ชั่วโมง (KWh) สำหรับกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

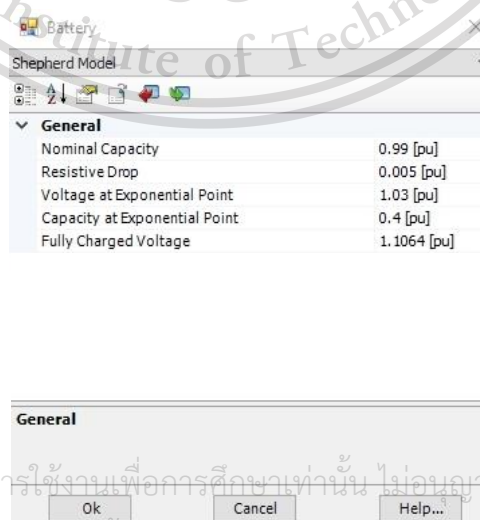
## 2.1 Energy Storage System



รูปที่ ข.7 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน

จะมีการตั้งค่าสำหรับ Energy Storage System ในการจำลอง ดังรูปที่ ข.7 โดยรูปแบบจำลองวงจรสมมูลที่ใช้ คือ Shepherd Model และจากคุณลักษณะแบตเตอรี่ได้ตั้งค่าแบตเตอรี่มีระดับแรงดันไฟฟ้า 0.0256 กิโลโวลต์ , มีขนาดความจุ 0.360 กิโลแอมแปร์-ชั่วโมง , และสถานะการเก็บประจุเริ่มต้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์

## 2.2 Shepherd Model



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

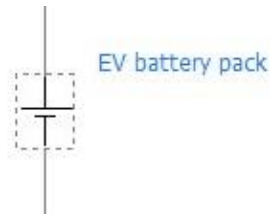
รูปที่ ข.8 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่า Shepherd Model

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

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

จะมีการตั้งค่าสำหรับ Shepherd Model ในการจำลอง ดังรูปที่ ข.8 มีหน่วยเป็น เเปอร์ยูนิตทั้งหมด โดยค่าความจุปกติ มีค่าเท่ากับ 0.99 และแรงดันขณะชาร์จเต็ม มีค่าเท่ากับ 1.1064

### 3. แทนอัตราประจุของยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ ข.9 แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในโปรแกรมจำลอง

#### 3.1 แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า



รูปที่ ข.10 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่เลือกใช้ในการศึกษาและทำการจำลองมีทั้งหมด 2 รุ่น ซึ่ง การตั้งค่าแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าในรูปที่ ข.10 อ้างอิงตามคุณลักษณะของแบตเตอรี่ยานยนต์ ไฟฟ้าแต่ละรุ่น แสดงดังตารางที่ ข.2 โดยมีการตั้งคาระดับแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นกิโลโวลต์ , ขนาด ความจุ มีหน่วยกิโลแอมแปร์-ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

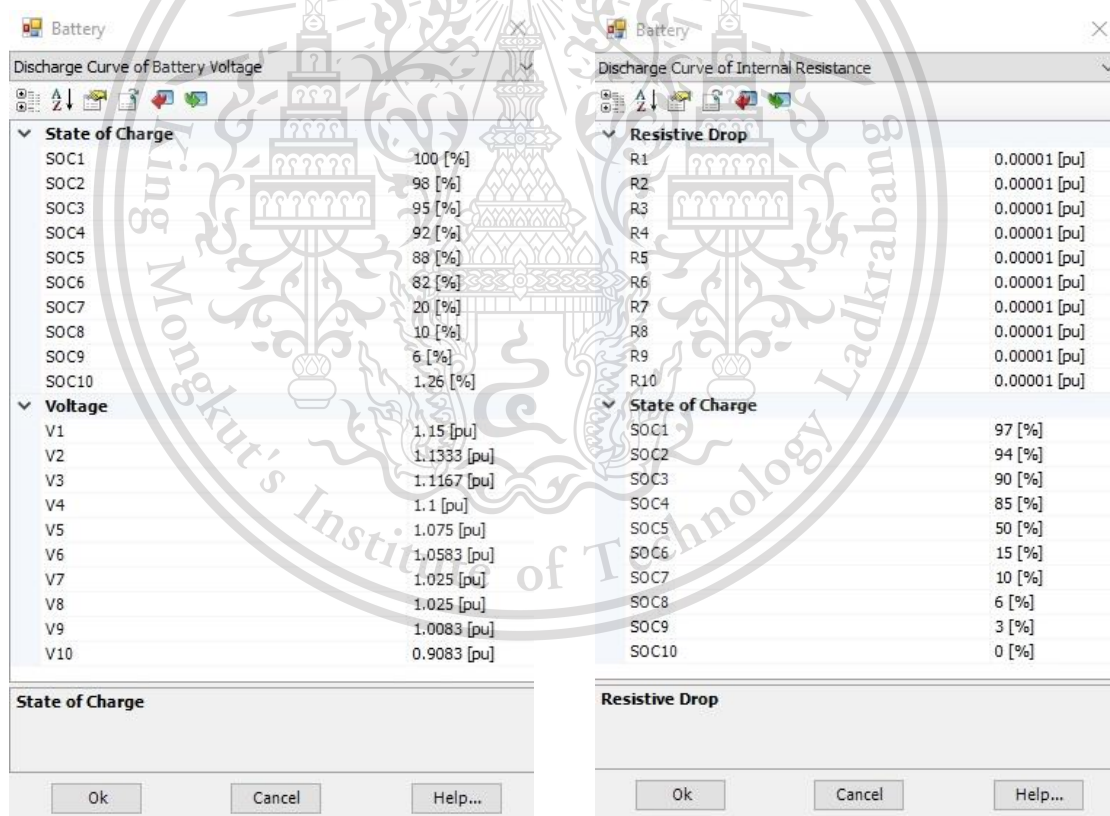
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

ตารางที่ ข.2 คุณลักษณะแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า [10], [11]

รถยนต์ไฟฟ้า	ประเภทแบตเตอรี่	ความจุแบตเตอรี่ (Ah)	กำลังแบตเตอรี่ (kWh)	แรงดัน (V)
Audi e-tron Sportback 55 quattro S line	Lithium-ion	240	95	396
Lexus UX 300e	Lithium-ion	153	54.35	355

### 3.2 เส้นโค้งการคายประจุของแบตเตอรี่



(ก) แรงดันแบตเตอรี่

(ข) ความต้านทานภายใน

รูปที่ ข.11 พารามิเตอร์สำหรับการตั้งค่าของเส้นโค้งการคายประจุของแบตเตอรี่  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



**ผลการวิเคราะห์ของการจำลองการอัดประจุของแท่นอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า  
ในกรณีศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสถานะการประจุของแบตเตอรี่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

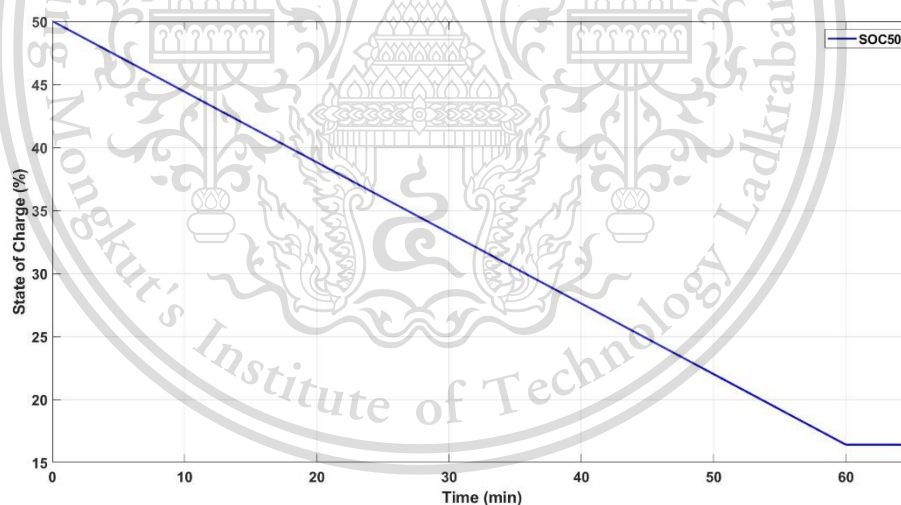
## กรณีศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ สถานะการประจุเริ่มต้นที่แตกต่างกันของแบตเตอรี่ ในระบบกักเก็บพลังงาน

ภาคผนวก ค. จะเป็นการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบนาโนกริดในการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ที่ระดับแรงดัน 600 โวลต์ในระยะเวลา 60 นาที ในขณะที่มีสถานะการประจุที่แตกต่างกัน จำลองผ่านโปรแกรม PSCAD

โดยทำการจำลองที่สถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลการจำลองจะสังเกตและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของระบบนาโนกริดที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าของการทดลองสถานะการประจุทั้งสองกรณี เพื่อที่จะระบุผลกระทบของสถานะการประจุที่มีต่อการอัดประจุ

### 1. กรณีที่ 1 สถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานที่ 50 เปอร์เซ็นต์

ในกรณีแรกจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ที่ระดับแรงดัน 600 โวลต์ ในขณะที่มีสถานะการประจุเริ่มต้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการจำลองสถานะการประจุ แรงดันไฟฟ้าและกำลังการอัดประจุดังนี้

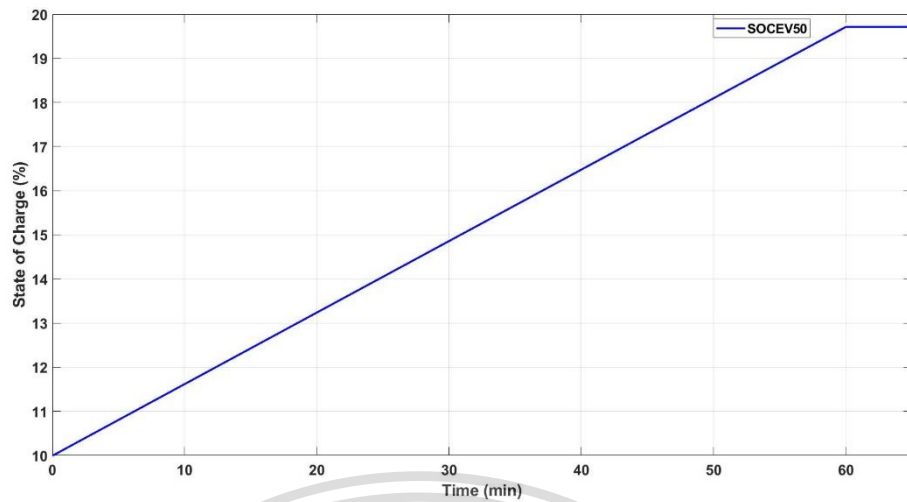


รูปที่ ค.1 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน ในกรณีที่หนึ่ง

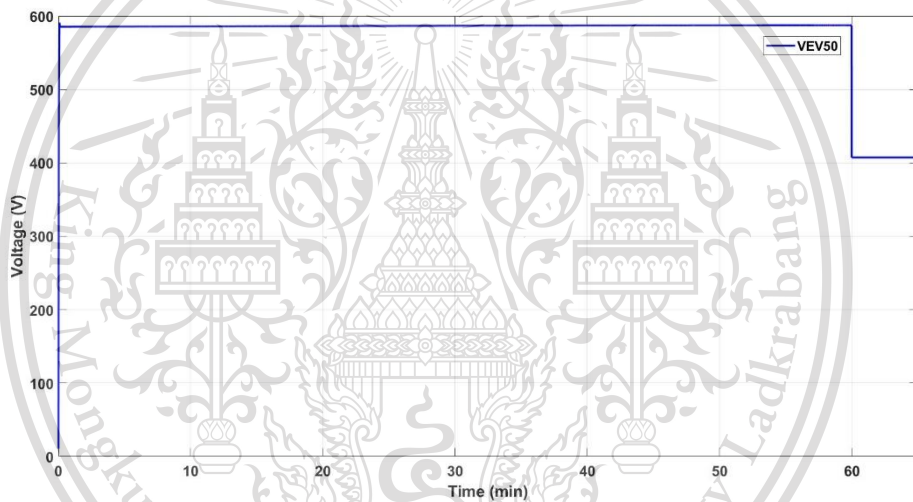
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

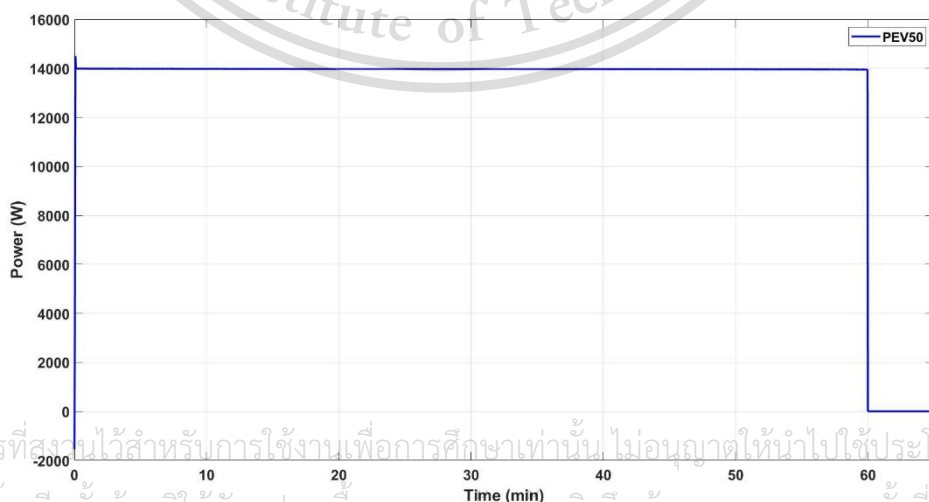
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ค.2 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีทีหนึ่ง



รูปที่ ค.3 กราฟแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีทีหนึ่ง



รูปที่ ค.4 กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

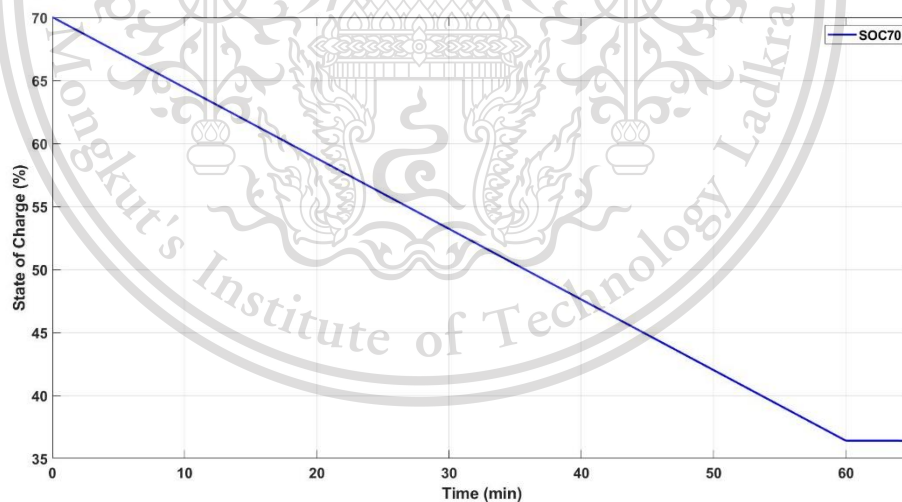
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

จากผลการจำลองในกรณีแรกจะพบว่า เมื่อระบบทำการอัดประจุที่แรงดันเต็ม พิกัดที่ 600 โวลต์ให้กับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า จากรูปที่ ค.1 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานที่มีสถานะเริ่มต้นอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และเหลือ 16.37 เปอร์เซ็นต์หลังการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ส่วนค่าสถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งภายในเวลาที่กำหนดแทนอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านี้ได้เพิ่ม 9.7 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ ค.2 และจากกราฟแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในรูปที่ ค.3 และ ค.4 ตามลำดับ จะได้ว่าแรงดันของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะอัดประจุจะมีระดับแรงดันที่ 587 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะถูกอัดประจุมีค่าคงที่เท่ากับ 14 กิโลวัตต์ จนเมื่อครบกำหนดเวลาแรงดันที่แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 407 โวลต์และกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเท่ากับ 0 กิโลวัตต์

## 2. กรณีที่ 2 สถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานที่ 70 เปอร์เซ็นต์

ในกรณีที่สอง ทำการจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ที่ระดับแรงดัน 600 โวลต์ ในขณะที่มีสถานะการประจุเริ่มต้นที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการจำลองสถานะการประจุ แรงดันไฟฟ้าและกำลังการอัดประจุดังนี้

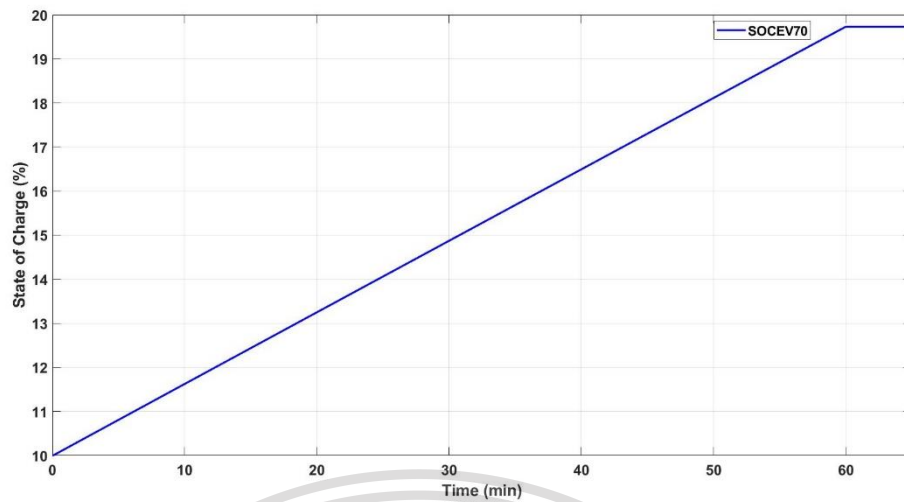


รูปที่ ค.5 กราฟสถานะการประจุของของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงาน ในกรณีที่สอง

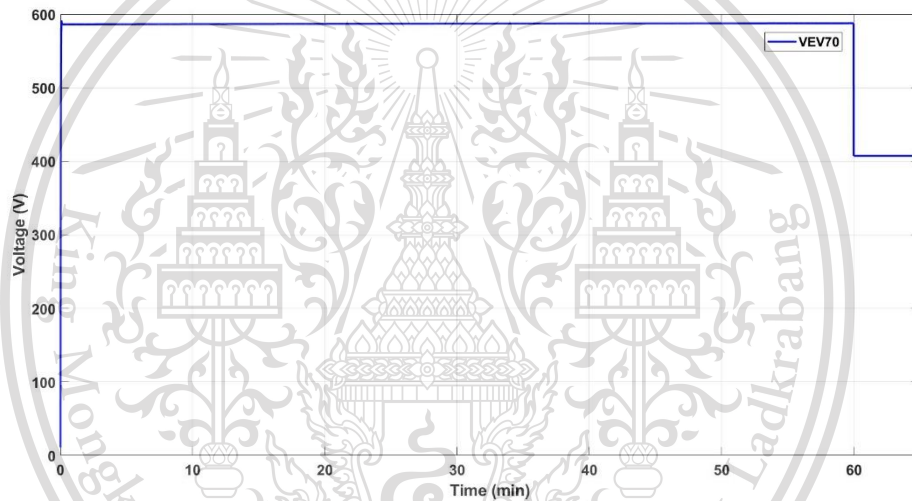
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

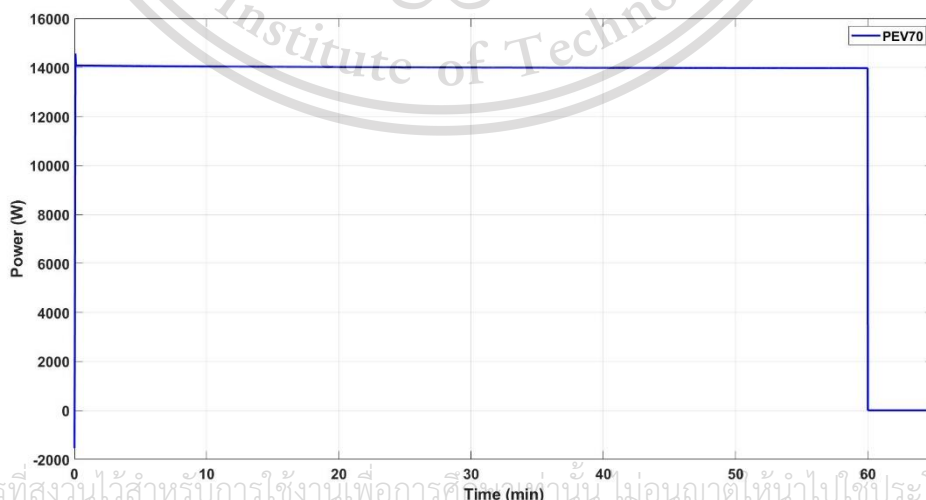
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ค.6 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง



รูปที่ ค.7 กราฟแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ ค.8 กราฟกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า ในกรณีที่สอง ครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากผลการจำลองในกรณีแรกจะพบว่า เมื่อระบบทำการอัดประจุที่แรงดันเต็ม พิกัดที่ 600 โวลต์ให้กับแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า จากรูปที่ ค.5 กราฟสถานะการประจุของแบตเตอรี่ของระบบกักเก็บพลังงานที่มีสถานะเริ่มต้นอยู่ที่ 70 เปอร์เซ็นต์ และเหลือ 36.37 เปอร์เซ็นต์หลังการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้า ส่วนค่าสถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งภายในเวลาที่กำหนดแทนอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านี้ได้เพิ่ม 9.7 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ ค.2 และจากกราฟแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในรูปที่ ค.3 และ ค.4 ตามลำดับ จะได้ว่าแรงดันของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะอัดประจุจะมีระดับแรงดันที่ 588 โวลต์ และกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าขณะถูกอัดประจุมีค่าคงที่เท่ากับ 14 กิโลวัตต์ จนเมื่อครบกำหนดเวลาแรงดันที่แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับ 407 โวลต์และกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าเท่ากับ 0 กิโลวัตต์

### 3. ผลวิเคราะห์การจำลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่สถานะการประจุของระบบแตกต่างกันทั้ง 2 กรณี

จากผลการทดลองการอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Audi e-tron Sportback 55 quattro S line ที่ระดับแรงดัน 600 โวลต์ในระยะเวลา 60 นาที ขณะที่สถานะการประจุเริ่มต้นของแบตเตอรี่ในระบบกักเก็บพลังงานที่แตกต่างกันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่แสดงไว้ข้างต้น ซึ่งจะเห็นว่าระดับของสถานะการประจุที่ต่างกันนั้นแทบจะไม่มีผลต่อการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากการทำงานของวงจรแปลงแรงดันที่กำหนดแรงดันขณะอัดประจุไว้ที่ 600 โวลต์ แทนอัดประจุสามารถชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านี้ได้เพิ่ม 9.7 เปอร์เซ็นต์ และค่าสถานะการประจุของหน่วยกักเก็บพลังงานไฟฟ้าลดลง 33.63 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน

**ตารางที่ ค.1** ค่าสถานะการประจุของระบบกักเก็บพลังงานและแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าก่อนและหลังอัดประจุ

สถานะประจุเริ่มต้นของหน่วยกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (%)	ค่าสถานะการประจุของหน่วยกักเก็บพลังงานไฟฟ้า (%)		ค่าสถานะการประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า (%)	
	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ	ก่อนเริ่มอัดประจุ	หลังเริ่มอัดประจุ
50	50	16.37	10	19.70
70	70	36.37	10	19.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีพิมพ์เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

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

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



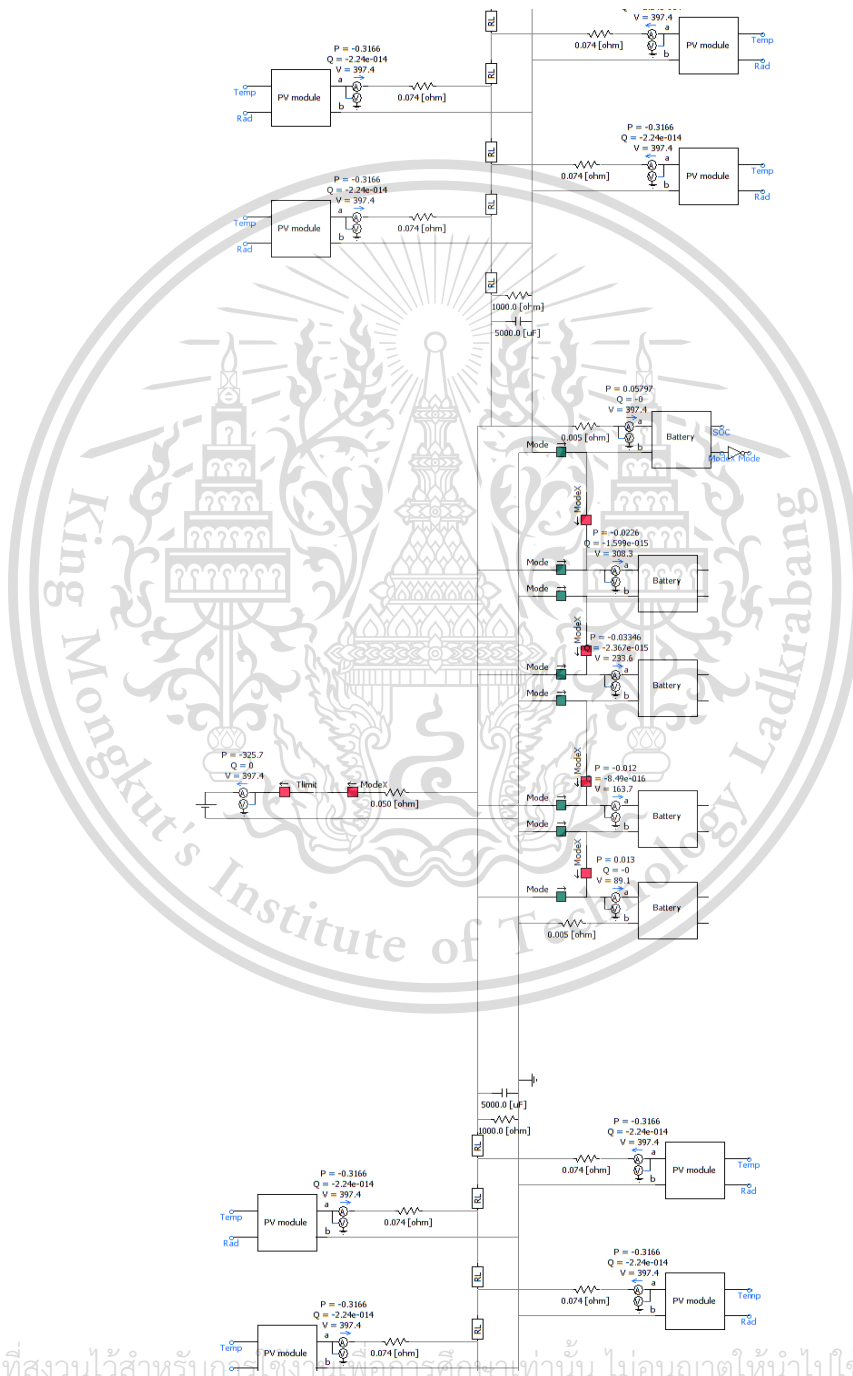
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

กรณีศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ การทำงานร่วมกันของระบบการอัดประจุและระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน

ภาคผนวก ง. จะเป็นการจำลองทางคอมพิวเตอร์ของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าในขณะอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 600 โวลต์ เพื่อทดสอบว่าระบบอัดประจุและระบบเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้นสามารถทำงานร่วมกันได้หรือไม่ โดยจำลองผ่านโปรแกรม PSCAD จะได้โครงสร้างระบบดังรูปที่ ง.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกระใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

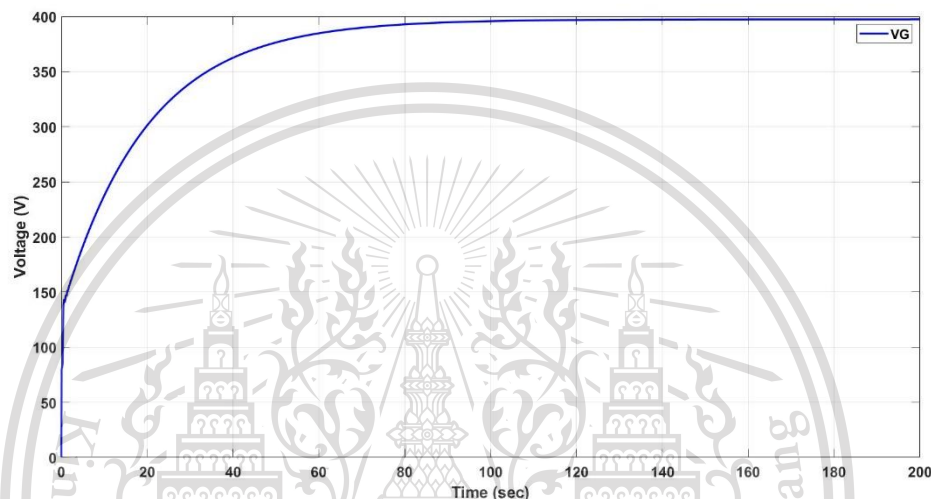
รูปที่ ง.1 โครงสร้างของระบบนาโนกริดในส่วนของหน่วยกักเก็บพลังงานไฟฟ้า แทนอัดประจุ และโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์บางส่วน

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

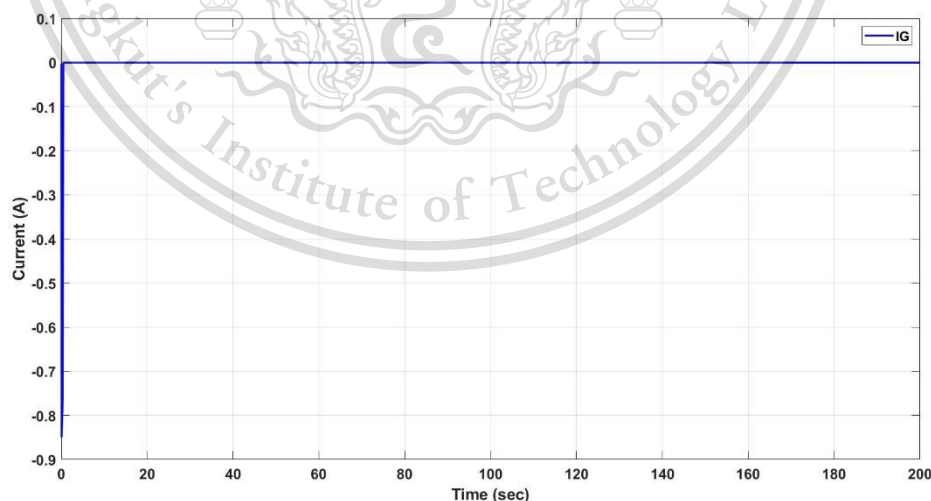
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

### 1. การจำลองระบบ ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงาน

จากการจำลองระบบเมื่ออยู่ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการวัดค่าต่างๆของระบบนาโนกริดได้แก่ แรงดันไฟฟ้า ( $V_G$ ), กระแสไฟฟ้า ( $I_G$ ) และกำลังไฟฟ้า ( $P_G$ ) ดังรูปที่ ง.2, ง.3 และ ง.4 ตามลำดับ จะพบว่าในช่วงแรกจะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นช่วงสั้นๆและหยุดจ่ายพลังงานไฟฟ้า ส่วนแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจนถึง 400 โวลต์ โดยที่กระแสไฟฟ้ามีค่าเป็น 0 แอมป์ และกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็น 0 วัตต์



รูปที่ ง.2 กราฟแรงดันไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงาน

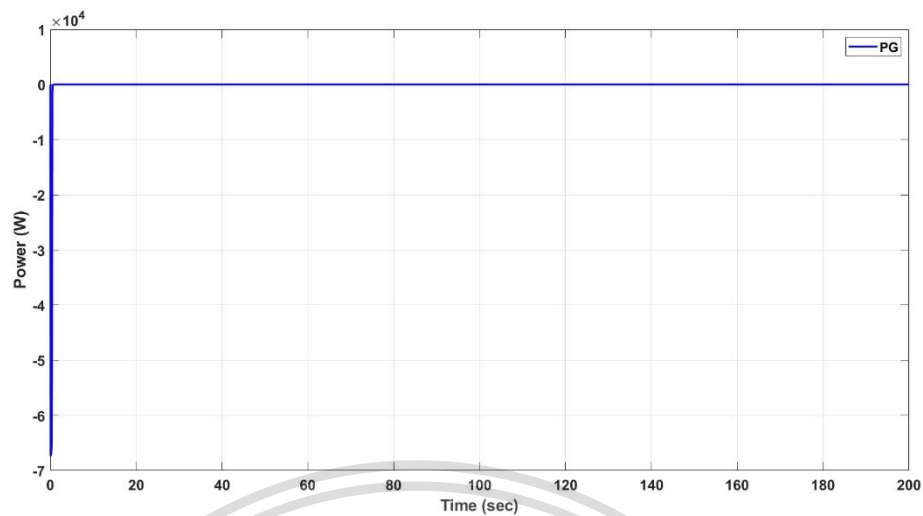


รูปที่ ง.3 กราฟกระแสไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

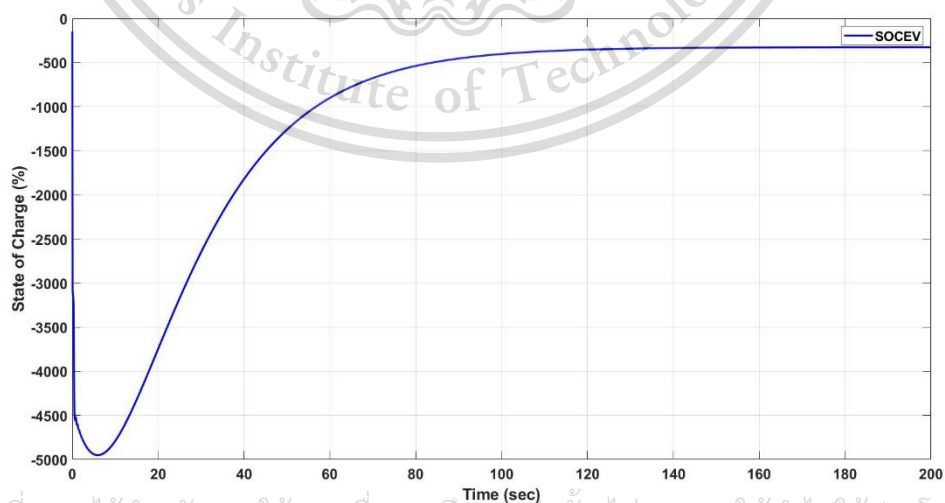
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ๔.4 กราฟกำลังไฟฟ้าในระบบนาโนกริด ในโหมดการอัดประจุให้ยานยนต์ไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงาน

## 2. การจำลองระบบ ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

จากการจำลองระบบเมื่ออยู่ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้านั้น ซึ่งได้ทำการวัดค่าต่างๆของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าได้แก่ สถานะการประจุ ( $SOC_{EV}$ ), แรงดันไฟฟ้า ( $V_{EV}$ ), กระแสไฟฟ้า ( $I_{EV}$ ) และกำลังไฟฟ้า ( $P_{EV}$ ) ดังรูปที่ ๔.5, ๔.6, ๔.7 และ ๔.8 ตามลำดับ จะพบว่า แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าได้ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าแทนที่จะเป็นการรับพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 4950 วัตต์ และเมื่อเวลาผ่านไปค่าของกำลังไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าจ่ายออกไปมีค่าคงที่เท่ากับ 326 วัตต์

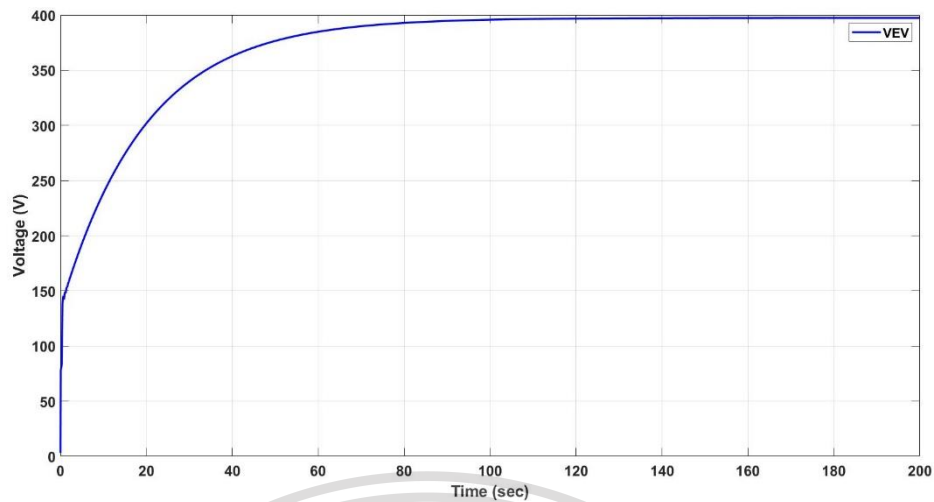


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

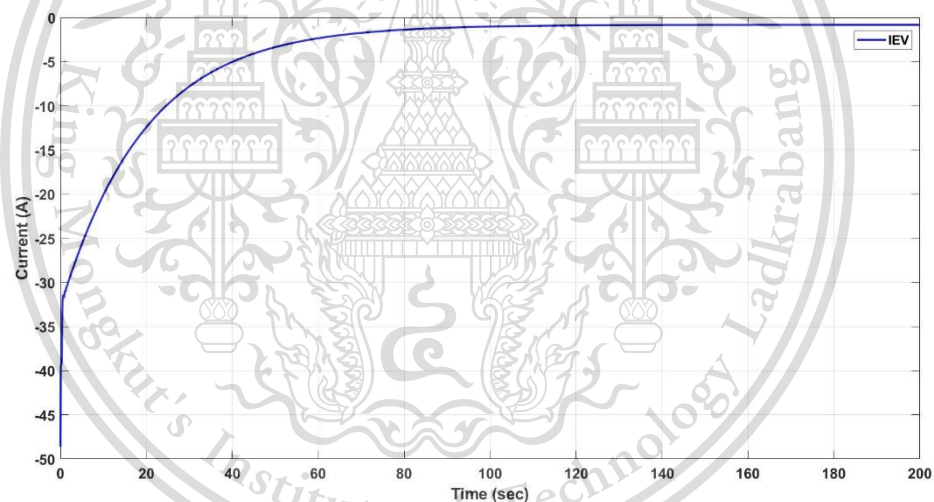
ไม่ว่ากรณีใด รูปที่ ๔.5 กราฟสถานะการประจุไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

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

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



รูปที่ ง.6 กราฟแรงดันไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

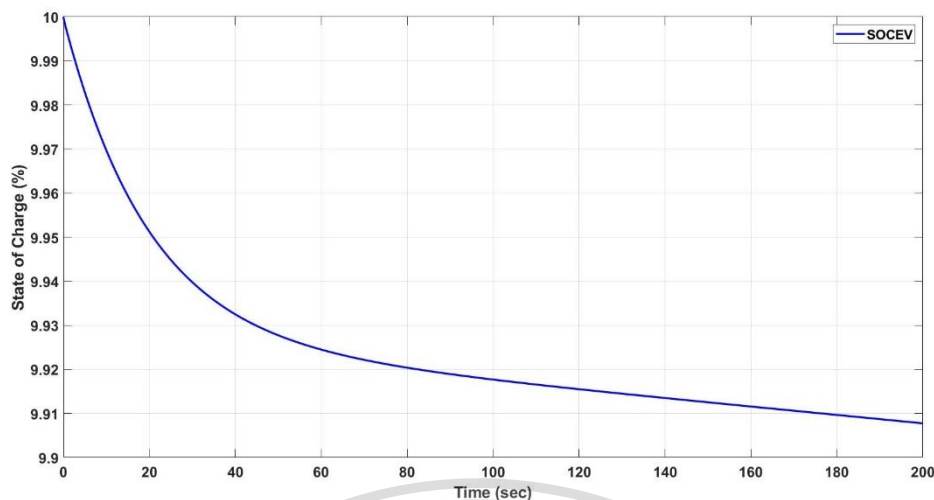


รูปที่ ง.7 กราฟกระแสไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ ง.8 กราฟกำลังไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า ในโหมดการอัดประจุของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น การทำงานในโหมดการอัดประจุแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้งานร่วมกับระบบเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากความต่างของระดับแรงดัน โดยในโหมดเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น โมดูลของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อขนานกันจะมีระดับแรงดันอยู่ที่ 32 โวลต์ ในขณะที่ในโหมดการอัดประจุแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้านั้นระดับแรงดันมีค่าสูงถึง 600 โวลต์ ทำให้โมดูลเซลล์แสงอาทิตย์กลายเป็นโหลดซึ่งแสดงดังข้อมูลการทดลองข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

## ประวัติผู้เขียนบทความ



นายพงษ์สุรัตน์ ติะกาบโพธิ์ 60010650

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

ที่อยู่ เลขที่ 27 หมู่ 8 ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง

จังหวัดอุดรธานี 53170

E-mail [600106506@kmitl.ac.th](mailto:600106506@kmitl.ac.th)

เบอร์โทรศัพท์ 098-823-0293



นางสาวพัทธ์ธีรา ช่วยเมือง 60010689

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

ที่อยู่ เลขที่ 169 ถนนราชดำเนิน ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง

จังหวัดตรัง 92000

E-mail [60010689@kmitl.ac.th](mailto:60010689@kmitl.ac.th)

เบอร์โทรศัพท์ 095-767-8941



นายภูวนนท์ ทองรอด 60010815

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า

ที่อยู่ เลขที่ 225 หมู่ 7 ตำบลเวียงสระ อำเภอเวียงสระ

จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84190

E-mail [60010815@kmitl.ac.th](mailto:60010815@kmitl.ac.th)

เบอร์โทรศัพท์ 099-407-5510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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