

การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน
ELECTRIC ENERGY MANAGEMENT WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM



ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

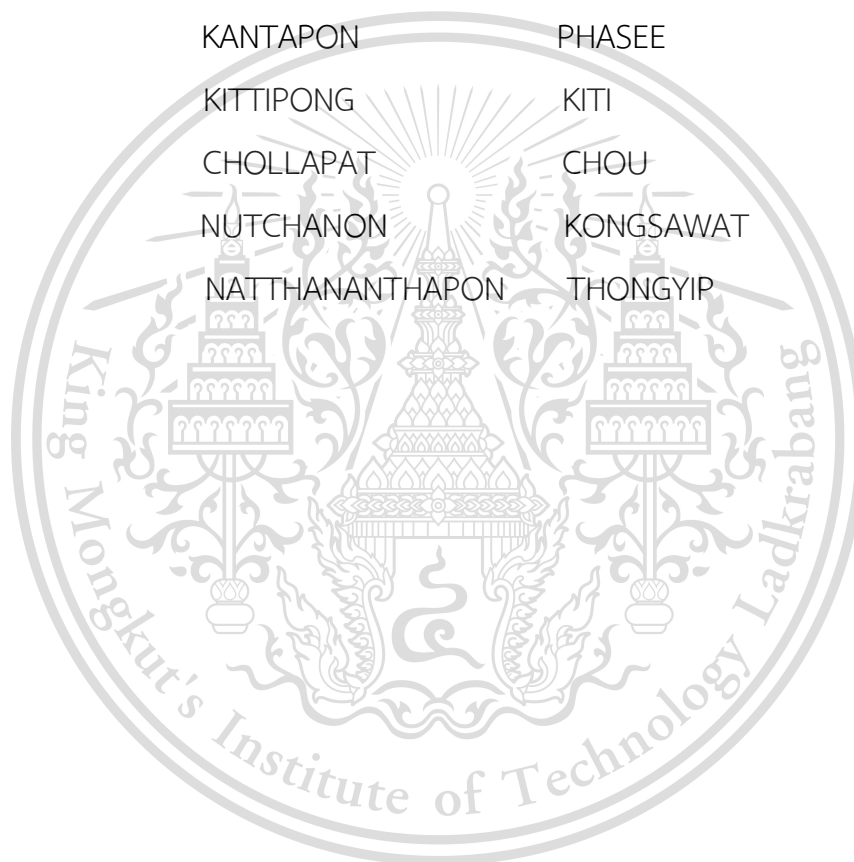
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
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.

ELECTRIC ENERGY MANAGEMENT WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM



KANTAPON

PHASEE

KITTIPONG

KITI

CHOLLAPAT

CHOU

NUTCHANON

KONGSAWAT

NATTHANANTHAPON

THONGYIP

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่สอนและทำงานในหน่วยงานนี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

ELECTRIC ENERGY MANAGEMENT WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล

รศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร

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.

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นาย กัณฑ์ณ ภาชี
2. นาย กิตติพงษ์ กิติ
3. นาย ชลภัทร จู
4. นาย ณัฐชนน คงสวัสดิ์
5. นาย ณัฐนันท์พล ทองหยิบ



นิรุช จิรสวรรณกุล

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล)

๑. สยงคำ!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา.....(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิรีวิภากร).....

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

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

การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

| | |
|---------------|---------------------------------|
| นาย กันทภณ | ภาซี |
| นาย กิตติพงศ์ | กิติ |
| นาย ชลภัทร | จู |
| นาย ณ์ฐชนน | คงสวัสดิ์ |
| นาย ณ์ฐนันทพล | ทองหยิบ |
| ผศ.ดร.นิรุจ | จิรสวรรณกุล อาจารย์ที่ปรึกษา |
| รศ.ดร.สมชาติ | จิริวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเนื่องจากในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานหมุนเวียนที่มากขึ้นโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นผลมาจากความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาตกลงส่งผลให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น รวมถึงนโยบาย ฉบับใหม่ของกระทรวงพลังงานที่อนุญาตให้ผู้ใช้ไฟสามารถผลิตและขายไฟฟ้าคืนแก่การไฟฟ้าได้เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนโดยแนวทางในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ถูกผลิตมากขึ้น คือ การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบแบตเตอรี่ ซึ่งในปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น รวมไปถึงการติดตั้งระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานซึ่งจะมีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลังในอนาคตโดยที่ผลจากการผลิตและกักเก็บพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั่วไปสามารถส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังได้อย่างมีนัยสำคัญและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้นด้วยเหตุนี้เองจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาผลของปรากฏการณ์ดังกล่าวว่าจะส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังในทิศทางใดซึ่งได้มีการจำลองเหตุการณ์ดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการจำลองปรากฏการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้ากำลังต้นแบบที่ได้มีการจำลองขึ้น

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.

Electric Energy Management with Battery Energy Storage System

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Mr.Kantapon | Phasee |
| Mr.Kittipong | Kiti |
| Mr.Chollapat | Chou |
| Mr.Nutchanon | Kongsawat |
| Mr.Natthananthapon | Thongyip |
| Asst.Prof.Dr.Nirudh | Jirasuwankul Advisor |
| Assoc.Prof.Dr.Somchat | Jiriwibhakorn Co-Advisor |

ABSTRACT

This project presents the Electric Energy Management with Battery Energy Storage System. Nowadays, renewable energy is a new trend since people need more electricity, and solar cell's price has reduced. These cause general users easier to use along with the new policy that the Ministry of Energy has changed which allows them to generate and sell the excess electricity back to the Electricity Authority. This policy purpose is to increase renewable energy users, but this will cause more electricity in the power system. Thereby excess electricity will keep in a battery. This project will emphasize the effect when more solar cell and energy storage are installed, both will affect the power system in the future. Generating and keeping electricity of the general user significantly affect power system, and the renewable energy trend is considerably increasing in a short time. Therefore, study about the effect and direction of the phenomenon is necessary. MATLAB Simulink is using for simulated the anticipate phenomenon that will happen with the real power system.

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากการช่วยเหลือของหลายๆท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทั้งสองท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล และรองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ จิรวินาการ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอดจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ในห้องปฏิบัติการโครงงานที่คอยช่วยหาข้อมูลและทำการจำลองเหตุการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณพระบิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจจนทำให้โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content,^{III} and cite the document when use.

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ | I |
| ABSTRACT | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูปภาพ | VI |
| สารบัญตาราง | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ | 2 |
| 1.4 วิธีการดำเนินโครงการ | 3 |
| 1.5 แผนการดำเนินโครงการ | 3 |
| 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 รายละเอียดของนโยบายการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย | 4 |
| 2.1.1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย | 4 |
| 2.1.2 แนวทางการจัดทำแผน PDP2018 Revision 1 | 6 |
| 2.1.3 สรุปแผน PDP2018 Revision 1 ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580 | 6 |
| 2.2 ระบบไฟฟ้ากำลัง (Electrical Power System) | 7 |
| 2.2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังแบบดั้งเดิม | 7 |
| 2.2.2 ระบบไฟฟ้ากำลังแบบใหม่ | 7 |
| 2.2.3 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง | 7 |
| 2.2.4 โครงสร้างการควบคุมการจัดการพลังงาน | 8 |
| 2.3 การรวมพลังงานหมุนเวียนเข้ากับระบบไฟฟ้า | 10 |
| 2.4 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) | 10 |
| 2.4.1 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงาน | 11 |
| 2.4.2 เทคโนโลยีกักเก็บพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน | 15 |
| 2.4.3 ตัวแปรในการเลือกใช้ระบบกักเก็บพลังงาน | 16 |
| 2.4.4 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ | 22 |
| 2.5 ตัวอย่างของระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทย | 23 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

| | |
|---|----|
| 2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Simulink | 24 |
| บทที่ 3 การออกแบบวงจรสำหรับจำลองผลของระบบแบริเตอร์ที่เก็บพลังงาน ที่มีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลัง ณ สถานะที่มีความเฉพาเจาะจง | 27 |
| บทที่ 4 ผลจากการจำลอง | 34 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 43 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 43 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 51 |
| เอกสารอ้างอิง | 52 |
| ภาคผนวก | 54 |
| ประวัติผู้เขียน | 65 |



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

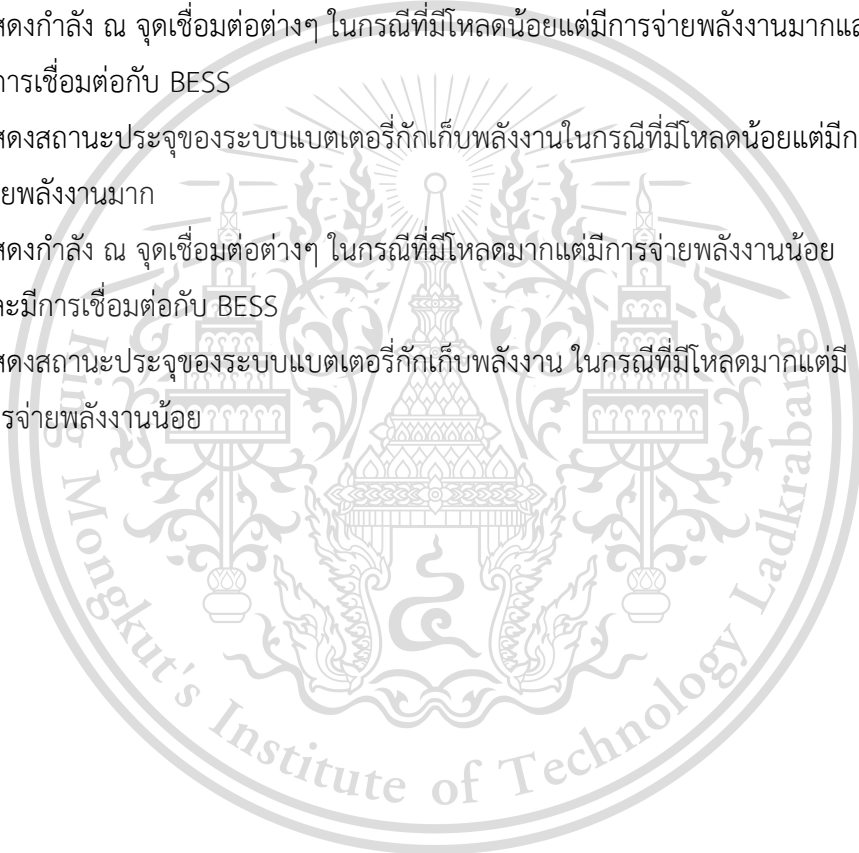
| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แผน PDP ฉบับปัจจุบัน | 5 |
| 2.2 โครงสร้างการควบคุมจากส่วนกลาง | 8 |
| 2.3 โครงสร้างการควบคุมแบบกระจาย | 9 |
| 2.4 การนำพลังงานไปใช้หรือขายในช่วงเวลาอื่น | 12 |
| 2.5 ลักษณะการใช้งานของแต่ละเทคโนโลยี | 16 |
| 2.6 ระดับความพร้อมของแต่ละเทคโนโลยี | 17 |
| 2.7 ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานต่อรอบการชาร์จ | 18 |
| 2.8 ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่ร้อยละ 80 ของ Depth of discharge | 19 |
| 2.9 วิธีคำนวณ Levelized cost of storage (LCOS) | 20 |
| 2.10 เปรียบเทียบราคา LCOS ของเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานในปี 2015-2030 | 20 |
| 2.11 ราคา LCOE ระหว่างเทคโนโลยีผลิตพลังงานที่กำลังจะเริ่มใช้งานในปี 2022 | 21 |
| 2.12 โครงสร้างของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ | 22 |
| 2.13 แสดงถึง Library พื้นฐานของ Simulink | 24 |
| 2.14 ตัวอย่างการทำงานของ Simulink | 25 |
| 2.15 แสดงผลลัพธ์ของ step function ระหว่างก่อนและหลังผ่านตัวดำเนินการ | 26 |
| 3.1 แสดงถึงภาพแบบจำลองการต่อ Solar PV เข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง | 27 |
| 3.2 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ในการศึกษา | 28 |
| 3.3 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ศึกษากรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าแต่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน | 32 |
| 3.4 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ศึกษากรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าและมีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเข้าไปในระบบไฟฟ้า | 33 |
| 4.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน | 34 |
| 4.2 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 350 kW | 35 |
| 4.3 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 350 kW | 35 |
| 4.4 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 100 kW | 36 |
| 4.5 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 100 kW | 36 |
| 4.6 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 1000 kW | 37 |
| 4.7 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 1000 kW | 37 |
| 4.8 ระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน | 38 |
| 4.9 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 350 kW และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ | 38 |
| 4.10 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 350 kW | 39 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม

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

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

| | |
|--|----|
| 4.11 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อโหลดขนาด 350 kW | 39 |
| 4.12 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 100 kW | 40 |
| 4.13 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 100 kW | 40 |
| 4.14 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อขนาด 100 kW | 41 |
| 4.15 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 1000 kW | 41 |
| 4.16 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 1000 kW | 42 |
| 4.17 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อโหลดขนาด 1000 kW | 42 |
| 5.1 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมาก | 43 |
| 5.2 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อย | 44 |
| 5.3 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมากและมีการเชื่อมต่อกับ BESS | 45 |
| 5.4 แสดงสถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมาก | 46 |
| 5.5 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อยและมีการเชื่อมต่อกับ BESS | 46 |
| 5.6 แสดงสถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน ในกรณีที่มีโหลดมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อย | 47 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content,^{VII} and cite the document when use.

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน | 3 |
| 2.1 สรุปการใช้งานของระบบกักเก็บพลังงาน | 11 |
| 2.2 สรุปเทคโนโลยีสำคัญในแต่ละประเภท | 15 |
| 2.3 โครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานของ กฟผ. | 23 |
| 3.1 คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ | 29 |
| 3.2 คุณสมบัติของวงจรสมมูลของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน | 29 |
| 5.1 ตารางเปรียบเทียบกรณีศึกษาในกรณีต่างๆ | 49 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Forbidden to modify the content, ^{VIII} and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันโดยทั่วไปยังคงมีลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ ถ่านหินเป็นหลักแต่ด้วยปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและสภาวะโลกร้อนจึงได้มีการนำพลังงานหมุนเวียนเข้ามาใช้มากขึ้นทำให้ระบบไฟฟ้าในอนาคตมีความแตกต่างจากระบบแบบดั้งเดิมในอดีตอย่างมาก แหล่งผลิตไฟฟ้ามีการกระจายตัวมากขึ้นเมื่อเปรียบกับระบบแบบดั้งเดิมซึ่งการไฟฟ้าเป็นผู้ผลิตไฟฟ้ารายหลักแล้วส่งไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟที่อยู่ปลายทาง ดังนั้นการไหลของกำลังไฟฟ้าจึงมีทิศทางเดียวพอเป็นระบบไฟฟ้าในอนาคตทำให้ผู้ใช้ไฟเองสามารถผลิตและป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้ซึ่งทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าในอนาคตจะมีความหลากหลายและมีความซับซ้อนมากขึ้นจากระบบเดิมที่การไฟฟ้าเป็นผู้ควบคุมการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดจะเริ่มมีเปลี่ยนแปลงไปสู่ระบบที่ผู้ผลิตไฟฟ้าเป็นทั้งเอกชนรายใหญ่และรายเล็กเข้ามามีส่วนร่วมได้ ซึ่งพลังงานทางเลือกที่นิยมมากในประเทศไทยรูปแบบหนึ่ง คือ พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แสงสามารถส่องถึงได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ทำให้ต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงอย่างต่อเนื่อง

โครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในที่นี้พิจารณาแบบเชื่อมต่อกับกริด (Grid Connected) ซึ่งจะแบ่งเป็นลักษณะ Solar Rooftop ที่ติดตั้งบนหลังคาของอาคาร บ้านเรือนและแบบ Solar Farm เป็นระบบขนาดใหญ่ที่ติดตั้งบนพื้นดินหรือในบางครั้งอาจจะติดตั้งบนพื้นน้ำซึ่งในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยปกติแล้วจะนำแผงจำนวนมากมาต่ออนุกรมและขนานกันเพื่อให้ได้ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับแผงเนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งต่างจากแรงดันของการไฟฟ้าที่ส่งมาตามสายส่งให้ผู้ใช้ไฟที่เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จึงต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ 50 Hz สำหรับประเทศไทยและต้องให้ขนาดแรงดันเท่ากับแรงดันของโครงข่ายระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่ระบบนี้ อีกทั้งยังเป็นระบบที่ได้รับความนิยมสูงที่ใช้กันในปัจจุบัน

แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์มีความผันผวนตามสภาพอากาศเนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรตามปริมาณแสงที่ตกกระทบบนแผง ดังนั้นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงผลิตไฟฟ้าที่มีความผันผวนตลอดเวลา 24 ชั่วโมง รวมทั้งมีความไม่แน่นอนในแต่ละวัน สัปดาห์ หรือเดือนด้วยตามสภาพอากาศในแต่ละช่วงของปี ซึ่งมีความแตกต่างจากพฤติกรรมของโรงไฟฟ้าปกติในปัจจุบันที่การไฟฟ้าสามารถวางแผนได้อย่างแน่นอนและควบคุมการผลิตได้ตาม

ต้องการโดยไม่มี ความผันผวนเลย จึงต้องมีวิธีการจัดการกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าจาก

พลังงานหมุนเวียนในระบบมากขึ้นโดยพยากรณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อที่จะได้เตรียมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า สามารถรองรับความผันผวนในระยะยาวได้อย่างเพียงพอ ส่วนความผันผวนในระยะสั้นที่รวดเร็วจะจัดการโดยใช้ระบบกักเก็บพลังงานมาช่วยบริหารจัดการได้ซึ่งระบบกักเก็บพลังงานถือเป็นองค์ประกอบใหม่ของระบบไฟฟ้ากำลังเพราะว่าในหลักการพื้นฐานเดิมแล้ว ระบบไฟฟ้ากำลังมีคุณสมบัติ คือ ต้องผลิตไฟฟ้าเท่าที่ผู้ใช้ไฟใช้ได้จริงเท่านั้น เพราะวาระบบโดยตัวมันเองไม่มีความสามารถที่จะกักเก็บพลังงานส่วนเกินหรือสนับสนุนส่วนที่ขาดได้ซึ่งในระบบโครงข่ายไฟฟ้า ณ ปัจจุบันได้มีการกักเก็บหรือสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ของน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนที่เรียกว่า โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ (Pumped-Storage Power Plant) ซึ่งสามารถผลิตหรือดูดซับพลังงานไฟฟ้าได้สองทิศทางในประเทศไทยเองมีหลายที่ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนศรีนครินทร์ เป็นต้น การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเหล่านี้ยังไม่รวดเร็วพอที่จะจัดการกับความผันผวนที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้โดยปกติแล้วความไม่สมดุลระหว่างกำลังการผลิตกับกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟเป็นสิ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะว่ากำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและโรงไฟฟ้าก็ไม่สามารถที่จะรู้ล่วงหน้าได้หรือไม่มีความรวดเร็วพอที่จะตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงนั้นได้ทัน ความไม่สมดุลนี้จะถูกดูดซับโดยความเฉื่อยทางกลในส่วนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนเร็วขึ้นหรือช้าลง และการเข้ามาของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนส่งผลให้สัดส่วนของโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิมลดลง ซึ่งในปัจจุบันสามารถสร้างระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System : BESS) ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังได้แล้ว ณ ปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับบทบาทการกักเก็บพลังงานที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลัง
2. เพื่อให้รู้และเข้าใจถึงแนวทางการประยุกต์ใช้ระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน
3. จำลองเหตุการณ์ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังโดยมีการติดตั้งระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานและแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยจะมีการตั้งสมมติฐานเป็นเหตุการณ์เพื่อทำการวิเคราะห์และจำลองเหตุการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญได้แก่ แรงดันและกำลังไฟฟ้าในการพิจารณาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังเมื่อมีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานเข้าไปแล้ว

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.

1.4 วิธีการดำเนินโครงการงาน

1. ศึกษาหลักการทํางานและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกักเก็บพลังงาน
2. ศึกษาถึงปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกักเก็บพลังงาน
3. ศึกษาการใช้โปรแกรม MATLAB Simulink และสร้างวงจรสำหรับจำลองระบบกักเก็บพลังงาน
4. บันทึกผลและวิเคราะห์ผลการจำลองเกิดขึ้น
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะในการจำลองการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลัง
6. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงานโครงการงาน

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | ระยะเวลาการดำเนินงาน | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------|------|------|------|---------------|------|-------|-------|--|
| | ภาคเรียนที่ 1 | | | | | ภาคเรียนที่ 2 | | | | |
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | |
| 1. ศึกษาหลักการทํางานและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกักเก็บพลังงาน | | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาถึงปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบกักเก็บพลังงาน | | | | | | | | | | |
| 3. ศึกษาการใช้โปรแกรม MATLAB Simulink และสร้างวงจรสำหรับจำลองระบบกักเก็บพลังงาน | | | | | | | | | | |
| 4. บันทึกผลและวิเคราะห์ผลการจำลองเกิดขึ้น | | | | | | | | | | |
| 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะในการจำลองการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลัง | | | | | | | | | | |
| 6. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ | | | | | | | | | | |

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการงาน

1. ให้ความรู้แก่ผู้สนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน
2. ช่วยในการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้า ลดการก่อสร้างโรงไฟฟ้าและระบบสายส่งไฟฟ้าได้
3. ช่วยให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าและบริหารจัดการโครงข่ายไฟฟ้าของตนเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานวิจัยที่เผยแพร่ทางวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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.

ต้องการไฟฟ้ามีความถูกต้องและแม่นยำจะทำให้การลงทุนในการขยายกำลังผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้จะระบุถึงโครงการไฟฟ้าขนาดใหญ่ โครงการขนาดเล็กและเล็กมากทั้งที่เป็นระบบ Cogeneration และพลังงานหมุนเวียน เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิต การขยายระบบส่งไฟฟ้า ประมาณการเงินลงทุนการขยายกำลังการผลิตไฟฟ้าและระบบส่งจ่าย และ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 แผน PDP ฉบับปัจจุบัน

(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน)

แผน PDP ฉบับล่าสุด คือ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2561-2580 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 (PDP2018 Revision 1) ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) และคณะรัฐมนตรี (ครม.) เมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2563 และ 20 ตุลาคม 2563 ตามลำดับ ยังคงใช้หลักการและสมมติฐานเดิมตามแผน PDP2018 แต่ได้มีการปรับเป้าหมายและแผนการจ่ายไฟของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายโรงไฟฟ้าชุมชน รวมถึงมีการปรับแผนการจ่ายไฟเข้าระบบและแผนการปลดโรงไฟฟ้าออกจากระบบของโรงไฟฟ้าหลักประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิลบางโรงให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ทั้งนี้แผน PDP2018 Revision 1 ยังคงไว้ซึ่งกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญา ณ ปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แผนในปริมาณเท่าเดิมตามแผน PDP2018 เพื่อรักษาความมั่นคงในระบบไฟฟ้าของประเทศ
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.

2.1.2 แนวทางการจัดทำแผน PDP2018 Revision 1

1. ทางภาครัฐมีนโยบายโรงไฟฟ้าชุมชนเพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ได้แก่ ชยะชุมชนและโรงไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้
2. โรงไฟฟ้าหลักประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล ประกอบด้วยโรงไฟฟ้า กฟผ. ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ (IPP) และรับซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศ ยังคงมีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าตามสัญญาและวันกำหนด เริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้าเป็นตามแผน PDP2018 โดยแบ่งเป็นโรงไฟฟ้าหลักเพื่อรักษาความมั่นคงในส่วนภูมิภาคทั้ง 7 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคใต้และเขตนครหลวง
3. โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามนโยบายส่งเสริมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ประกอบด้วยชีวมวล ก๊าซชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กของ กฟผ. และพลังงานหมุนเวียนรูปแบบอื่นๆ โดยมีเป้าหมายการรับซื้อเป็นรายปีตามนโยบายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและรับซื้อที่ราคาไม่เกินกว่า Grid Parity (จุดที่ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่เราซื้อจากการไฟฟ้าเท่ากับ ต้นทุนไฟฟ้าที่เราผลิตเองจากพลังงานหมุนเวียน) เพื่อที่จะรักษาระดับราคาไฟฟ้าขายปลีกไม่ให้สูงขึ้น
4. นโยบายอนุรักษ์พลังงานที่สามารถพิสูจน์ความเชื่อมั่นด้วยคุณภาพและสามารถแข่งขันด้วยราคาไม่เกินกว่า Grid Parity

2.1.3 สรุปแผน PDP2018 Revision 1 ในช่วงปี พ.ศ. 2561-2580

1. แผน PDP2018 Revision 1 ยังใช้หลักการและสมมติฐานเดิมตามแผน PDP2018 แต่จะมีการปรับแผนการจ่ายไฟฟ้าให้สอดคล้องกับนโยบายรัฐและสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ในส่วนของภาคผนวก
2. ทำค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าทาง สดช. จัดทำประมาณการ GDP ปี 2560-2580 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 3.8 ต่อปีและใช้อัตราการเพิ่มของประชากรเฉลี่ยร้อยละ -0.02 ต่อปี
3. ส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการผลิต ใช้และจำหน่ายไฟฟ้าได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งยังสนับสนุนโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนตามศักยภาพเชื้อเพลิงและสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละภูมิภาค
4. ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงจากแผน PDP2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มาไปใช้

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 ระบบไฟฟ้ากำลัง (Electrical Power System)

การที่นำเอาอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายชนิดมาเชื่อมต่อกันให้เป็นระบบโครงข่ายขนาดใหญ่จนกลายเป็นระบบไฟฟ้ากำลังที่มีหน้าที่ คือ การส่งจ่ายไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นภาพรวมของระบบไฟฟ้าสามารถพิจารณาแยกออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ผู้ใช้ไฟฟ้า (Loads) และระบบผลิตไฟฟ้า (Generation System) ได้แก่ โรงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าแล้วส่งจ่ายเข้าสู่ระบบโดยไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาจะถูกแปลงระดับแรงดันให้สูงขึ้นก่อนที่จะจ่ายเข้าสู่ระบบส่งจ่าย (Transmission System) โดยสาเหตุที่ต้องแปลงระดับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อลดความสูญเสียในการส่งจ่ายไฟฟ้าเป็นระยะไกล หลังจากส่งเข้าสู่ระบบส่งจ่ายแล้วก็จะถูกส่งต่อไปยังระบบจำหน่าย (Distribution System) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าที่กระจายตัวในพื้นที่

2.2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังแบบดั้งเดิม

ถูกออกแบบมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วพลังงานไฟฟ้าจะทิศทางการไหลของไฟฟ้าเพียงทิศทางเดียว คือ พลังงานไฟฟ้าถูกส่งจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าจึงทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ายังมีบทบาทในการผลิตไฟฟ้าที่จำกัดอีกทั้งยังมีปัญหาของการเข้ามาของพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอนสภาพของอากาศหรือตามฤดูกาลซึ่งพลังงานหมุนเวียนนั้นไม่สามารถผลิตได้ตลอดเวลา

2.2.2 ระบบไฟฟ้ากำลังแบบใหม่

ออกแบบให้รองรับแหล่งผลิตไฟฟ้าที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป (Distributed Generation : DG) เสมือนเป็นโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตที่ไม่สูงแต่มีเป็นจำนวนมากกระจายไปทั่วพื้นที่ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น โดยการออกแบบให้ไฟฟ้าสามารถไหลได้สองทิศทาง คือ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูล ติดต่อ สื่อสารกันระหว่างผู้ใช้ไฟฟ้ากับผู้ผลิตไฟฟ้าได้ อีกทั้งผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถมีบทบาทในการผลิตและใช้ไฟฟ้าเองได้ (Prosumer) รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง

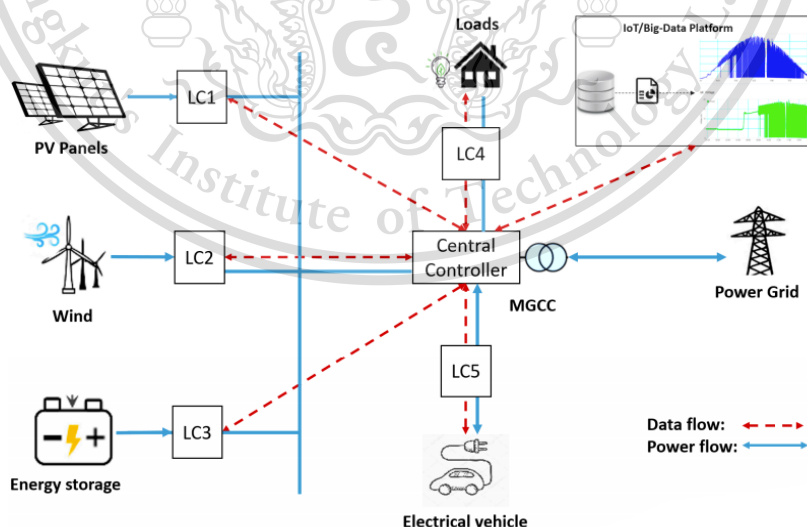
ความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่จุดทำงานเริ่มต้นใดๆที่จะกลับคืนสู่สภาวะการทำงานสมดุลหลังจากเจอกับสิ่งรบกวนทางกายภาพ โดยที่ค่าตัวแปรระบบ เช่น แรงดัน, ความถี่ และกำลังไฟฟ้า ยังคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ให้ความมั่นใจและสม่ำเสมอจะต้องมีการดูแลและควบคุมอย่างต่อเนื่องจากผู้ควบคุมระบบไฟฟ้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเสมือนกับการขี่จักรยานที่ผู้ขี่จะต้องมีการปรับจูนตลอดเพื่อรักษาสมดุลไว้ให้ได้ หากขี่ช้าๆจะทำได้ยากกว่าขี่เร็วๆ เพราะว่าการขี่เร็วนั้นมีแรงเฉื่อย (Inertia) มากกว่าซึ่งช่วยรักษาสมดุลให้จักรยานไม่ล้มลง ระบบไฟฟ้ากำลังเองก็เช่นกัน โดยสมดุลของระบบไฟฟ้ากำลังมาจากแรงเฉื่อยจากการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ในทางกลับกันโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนนั้นไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าในแบบเดียวกันกับโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิมและไม่ได้มีแรงเฉื่อยซึ่งโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังสูญเสียเสถียรภาพได้

2.2.4 โครงสร้างการควบคุมการจัดการพลังงาน

1. การควบคุมจากส่วนกลาง (Centralized Control) จะมีการใช้ตัวควบคุมจากส่วนกลางเพียงตัวเดียว (Central controller : CC) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นหน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงและโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการสื่อสารได้อย่างปลอดภัย เพื่อจัดการปัญหาต่างๆในระบบ เช่น แหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียน การกักเก็บพลังงาน เป็นต้น ซึ่งจะใช้ตัวควบคุม local controller (LC) ในการสื่อสารและโต้ตอบโดยตรงกับ CC ยิ่งไปกว่านั้นการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและคอมพิวเตอร์ล่าสุด เช่น IoT และ Big-Data ส่วนที่เป็น CC จะสามารถตรวจสอบ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลแบบทันที (Real-time) ได้ ตัวควบคุมนี้จะสามารถทำงานร่วมกับตัวควบคุมการจัดการพลังงานจากส่วนกลางได้ ในขณะที่มั่นใจการทำงานของไมโครกริดจะมีความยืดหยุ่นทั้งในการเชื่อมต่อกริดและแบบอิสระในรูปแบบที่ 2.2 จะเห็นว่า CC จะทำการรวบรวมข้อมูล เช่น การผลิตพลังงานหมุนเวียน, รูปแบบการใช้พลังงาน, ราคาของพลังงานในตลาดการซื้อขายและเงื่อนไขของสภาพอากาศ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการควบคุมจากส่วนกลาง

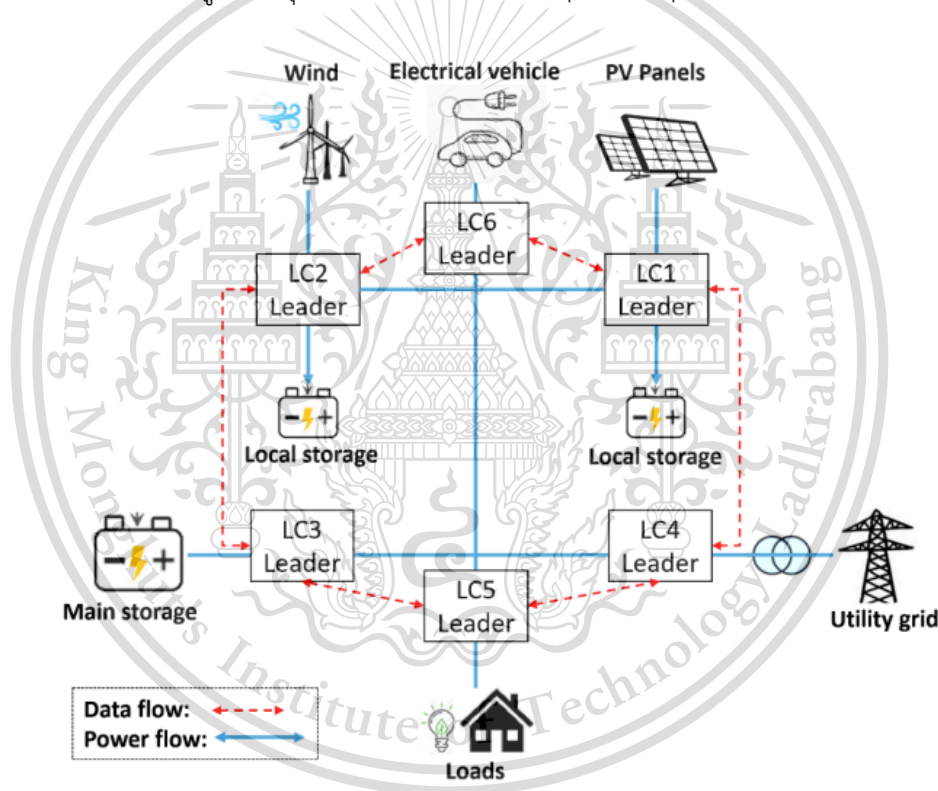
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกริใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ที่มา : A.El mouatamid, R.Ouladsine, M.Bakhouya and N.El Kamoun, 2021)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มมีเหตุพิเศษข้อยกเว้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

อีกทั้งยังมีการดำเนินการควบคุมระบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างการควบคุมลักษณะแบบนี้จะมีความง่ายในการจัดการพลังงานแต่ก็มีข้อจำกัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องรับมือกับระบบไฮบริดขนาดใหญ่

2. การควบคุมแบบกระจาย (Decentralized Control) จะมีลักษณะการควบคุมแบบแยกออกจากกันอย่างอิสระโดยใช้ LC ซึ่งจะมี LC หลายๆตัวกระจาย ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อควบคุมระบบในโครงข่ายไฟฟ้า ซึ่งคำว่า Decentralized และ Distributed มักจะใช้แทนกันได้ จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าในแต่ละ LC มีการดำเนินการแยกกันในการจัดการกับระบบกักเก็บพลังงานและโหลดโดยไม่มี การควบคุมจากส่วนกลาง การตัดสินใจในการควบคุมจะถูกกำหนดขึ้นจากการวัดปริมาณพลังงานในพื้นที่ๆ มีการซื้อขายพลังงานเกิดขึ้น ซึ่งจะถูกควบคุมโดยใช้การสื่อสารแบบ peer-to-peer



รูปที่ 2.3 โครงสร้างการควบคุมแบบกระจาย

(ที่มา : A.Elmountamid, R.Ouladsine, M.Bakhouya and N.El Kamoun, 2021)

อย่างไรก็ตาม การเฝ้าติดตาม การประมวลผลและการแสดงข้อมูลถือเป็นสิ่งสำคัญในการประสานงานกับตัวควบคุมที่กระจาย ณ ตำแหน่งต่างๆ ในโครงข่ายไฟฟ้าและดำเนินการให้บรรลุตาม

เป้าหมายซึ่งกระบวนการนี้จะอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC-61968 สำหรับระบบการจัดการพลังงานในอาคารเดี่ยวและ IEC-61850 สำหรับการจัดการพลังงานร่วมกับไมโครกริดที่มีการเชื่อมต่อกับอาคารซึ่งมาตรฐานไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหา 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.

เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับความพร้อมในการใช้งานของเครือข่ายสื่อสารในโครงข่ายไฟฟ้า แม้ว่าการควบคุมในลักษณะนี้จะมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง แต่โครงสร้างการควบคุมแบบกระจายยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการควบคุมจากส่วนกลางเนื่องจากเวลาในการตอบสนองต่ำและข้อมูลไม่ครบถ้วนที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบไมโครกริด

2.3 การรวมพลังงานหมุนเวียนเข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง

พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) มีประโยชน์อย่างมากในการนำไปสู่ระบบพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป พลังงานหมุนเวียนบางประเภทอาศัยแหล่งพลังงานธรรมชาติเป็นตัวขับเคลื่อนการแปรรูปพลังงานออกมาในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งแหล่งพลังงานหมุนเวียนในลักษณะนี้เรียกว่า แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีความผันผวน (Variable Renewable Energy) เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนนั้นมีความผันผวนสูงมากในระยะสั้น จึงอาจไม่เหมาะที่เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้า เพราะสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในแต่ละช่วงเวลาทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนมีความเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและต้องมีการเร่งเครื่องผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเพื่อมารองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงเกิดความยุ่งยากในการควบคุมระบบ

ประเด็นสำคัญ คือ ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นโดยระบบไฟฟ้ากำลังนั้นไม่สามารถกักเก็บไว้ใช้ในเวลาต่อมาได้ ทางผู้ดูแลระบบจะต้องรักษาระดับการผลิตไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งและช่วงเวลาให้เท่ากับความต้องการใช้ไฟฟ้าในตำแหน่งและช่วงเวลาเดียวกันอยู่เสมอเพื่อเสถียรภาพและความปลอดภัยของระบบไฟฟ้ากำลัง ดังนั้นการนำระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) เข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงานของกิจการไฟฟ้าได้

2.4 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System)

ระบบกักเก็บพลังงานเป็นเทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปแบบอื่นที่สามารถกักเก็บได้และสามารถเปลี่ยนพลังงานนั้นกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ใหม่ได้ เมื่อต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์หลักที่สามารถทำหน้าที่นี้ได้ คือ แบตเตอรี่ ซึ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่สามารถชาร์จและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยจุดประสงค์หลักที่ของการนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง คือ เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอนสูงที่ทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังยังคงมีความมั่นคงและมีความน่าเชื่อถือได้สูง แม้ในบางเวลาโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจะไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.4.1 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานมีศักยภาพในการนำมาใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังได้หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสายส่ง การบริหารจัดการต้นทุนค่าไฟฟ้าและการส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียนในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยจะสรุปการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนการผลิตไฟฟ้า ระบบสายส่ง และผู้ใช้ไฟฟ้าตามตารางที่ 2.1

| ตำแหน่งในระบบไฟฟ้ากำลัง | ลักษณะการใช้งาน |
|-------------------------------------|--|
| ส่วนการผลิตไฟฟ้า (Generation) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Electric energy time-shift ▪ Electric supply capacity ▪ Frequency regulation |
| ระบบสายส่ง (Transmission system) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Transmission congestion relief ▪ Voltage support |
| ผู้ใช้ไฟฟ้า (Consumers) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Renewable capacity firming ▪ Demand charge management |

ตารางที่ 2.1 สรุปการใช้งานของระบบกักเก็บพลังงาน

2.4.1.1 การกักเก็บไฟฟ้าส่วนเกินไว้สำหรับสร้างกำไรจากการซื้อ/ขายไฟฟ้า (Electric energy time-shift หรือ energy arbitrage) ดังรูปที่ 2.4 โดยระบบกักเก็บพลังงานสามารถสร้างกำไรเพิ่มเติมหรือลดต้นทุนการจัดการไฟฟ้าโดยรวมได้โดยการซื้อไฟฟ้าในช่วงที่ราคาถูก (ช่วง Off-Peak) มากักเก็บไว้ในระบบกักเก็บพลังงานและนำออกมาขายต่อได้ในช่วงที่ไฟฟ้ามีราคาสูง (ช่วง Peak) ซึ่งความสามารถในการกักเก็บพลังงานนี้จะทำให้การซื้อขายไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง เพราะการผลิตไฟฟ้า ณ เวลาใดเวลาหนึ่งไม่จำเป็นต้องเท่ากับความต้องการไฟฟ้า ณ เวลานั้นๆอีกต่อไป ซึ่งการใช้ระบบกักเก็บพลังงานในลักษณะนี้จะประโยชน์ได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำมาใช้กับพลังงานหมุนเวียน

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.

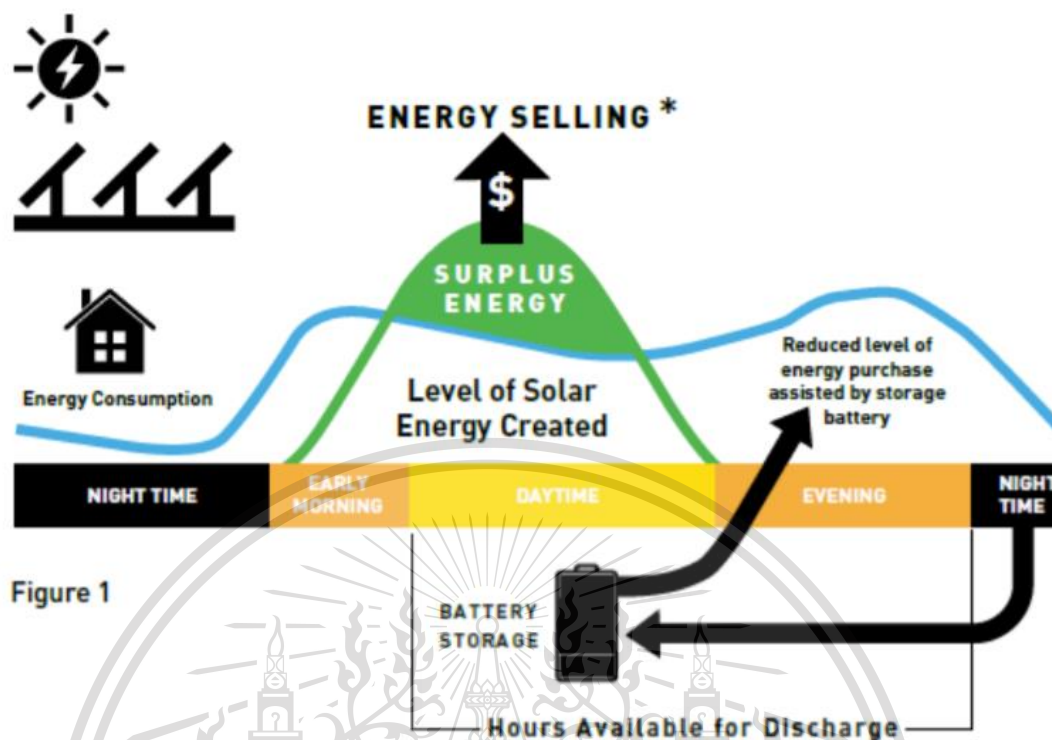


Figure 1

รูปที่ 2.4 การนำพลังงานไปใช้หรือขายในเวลาอื่น

(ที่มา : Daniel Ingold, 2017)

2.4.1.2 การชดเชยการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติม (Electric supply capacity) เนื่องจากแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องลงทุนการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติม ซึ่งการลงทุนการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่จะมีลักษณะคล้ายกับการลงทุนสร้างระบบสายส่งและจำหน่าย คือ เป็นการลงทุนขนาดใหญ่ ที่ต้องมาเสริมให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีกำลังผลิตเพียงพอสำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดซึ่งเกิดขึ้นได้เพียงแค่วันละชั่วโมงในรอบ 1 ปี ดังนั้นการลงทุนในโรงไฟฟ้าใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ส่วนมากจะใช้ระบบกักเก็บแบบ simple cycle ที่มีต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่ากังหันแบบ combined cycle แต่มีต้นทุนการดำเนินการสูงกว่า เพราะระบบไม่มีประสิทธิภาพเทียบเท่า ทำให้การสร้างโรงไฟฟ้าในลักษณะนี้ไม่มีความคุ้มค่า เพราะว่าการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องมีกำลังการผลิตที่เกินความต้องการไฟฟ้าปกติอยู่เกือบตลอดเวลา ระบบกักเก็บพลังงานจะช่วยในการลดความจำเป็นในการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติมได้ โดยกักเก็บพลังงานในยามปกติทำการสำรองไว้ใช้สำหรับจ่ายในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งข้อได้เปรียบของระบบกักเก็บพลังงาน คือ สามารถเลือกขนาดของการลงทุนเท่าที่จำเป็นได้ จึงทำให้หลีกเลี่ยงการลงทุนในโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่สิ้นเปลืองและนำไปสู่ต้นทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไฟฟ้าโดยรวมที่ลดลงได้

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.

2.4.1.3 ควบคุมความถี่ของระบบ (Frequency regulation) ในระยะเวลาสั้นๆ ในระดับวินาที ระบบไฟฟ้ากำลังมักจะเกิดความไม่สมดุลของความต้องการไฟฟ้ากับการผลิตไฟฟ้าจริงอยู่เกือบตลอดเวลา ซึ่งความไม่สมดุลนี้หากเกิดในระดับที่สูงจะส่งผลต่อความถี่ของระบบ จะทำให้สูญเสียเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังได้ ผู้ดูแลระบบต้องจัดการกำลังไฟฟ้าสำรองเพื่อมาช่วยในการรักษาสมดุลระยะสั้นนี้ไว้ตลอดเวลาที่ผ่านมา กำลังไฟฟ้าสำรองสำหรับรักษาสมดุลนี้จะได้จากการสั่งเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าแต่เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนโดยทั่วไปไม่สามารถเพิ่มหรือลดกำลังผลิตได้รวดเร็วมากนัก ผู้ดูแลระบบจึงต้องเตรียมกำลังการผลิตจากโรงไฟฟ้าหลายๆ แห่งเพื่อให้แต่ละแห่งทำงานเสริมกัน จึงถือได้ว่าเป็นการสลับเปลี่ยนกำลังผลิตไปโดยใช้เหตุ ดังนั้นการนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้แทนโรงไฟฟ้าเพื่อรักษาเสถียรภาพระยะสั้นของระบบไฟฟ้ากำลังได้ เนื่องจาก ระบบกักเก็บพลังงานบางประเภทสามารถตอบสนองและปล่อยพลังงานได้เร็วกว่าโรงไฟฟ้าหลักที่ใช้ความร้อนและสามารถปรับระดับการตอบสนองได้ 2 ทิศทาง คือ ดึงพลังงานไฟฟ้าออกจากระบบและเพิ่มพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ

2.4.1.4 การลดข้อจำกัดในสายส่งไฟฟ้า (Transmission congestion relief) ซึ่งปัญหานี้จะเกิดขึ้นกับสายส่งในกรณีที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือช่วงเวลาที่มีการผลิตไฟฟ้าป้อนเข้าสายส่งในปริมาณที่สูง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเหตุการณ์นี้ทำให้การไฟฟ้าต้องลงทุนขยายขนาดของสายส่งหรือต้องกำหนดราคาค่าไฟฟ้าในบางพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากให้สูงขึ้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าว แต่การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในตำแหน่งที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือตำแหน่งที่มีการป้อนไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเป็นจำนวนมาก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้สายส่งได้ เพราะ ระบบกักเก็บพลังงานจะทำการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าบางส่วนในช่วงเวลาที่ไม่มีความแออัดของสายส่ง และดึงพลังงานออกมาใช้ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูง ช่วยลดการเกิดเหตุการณ์แออัดของระบบสายส่งได้

2.4.1.5 รักษาสมดุลของแรงดันไฟฟ้า (Voltage support) โดยการปรับสมดุลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อป้องกันปัญหาแรงดันตกหรือแรงดันไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ ซึ่งปัญหานี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ความผันผวนโดยเฉพาะจากพลังงานแสงอาทิตย์และลม วิธีปัจจุบันในการจัดการ คือ การจัดสรรทรัพยากรการผลิตบางส่วน of โรงไฟฟ้า เพื่อสร้าง Reactive power สำหรับการปรับแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง จึงนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้แทนการผลิตจากโรงไฟฟ้า เพื่อรักษาระดับแรงดันได้ ข้อได้เปรียบของระบบกักเก็บพลังงาน คือ ติดตั้งกระจายในส่วนต่างๆ ของระบบส่งจ่ายได้ เพื่อแก้ปัญหาของการรักษาสมดุล ณ จุดนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า การพึ่งพา Reactive power จากโรงไฟฟ้าที่ถูส่งมาจากระยะทางไกลๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.4.1.6 การลดความผันผวนของพลังงานหมุนเวียน (Renewable capacity firming) โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนบางประเภท โดยเฉพาะแสงอาทิตย์และลม มีความผันผวนและควบคุมไม่ได้เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ความผันผวนของไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนนี้เองส่งผลกระทบต่อการทำงานและความมั่นคงของระบบไฟฟ้ากำลัง ทำให้ผู้ดูแลระบบมีความจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตสำหรับดูแลระบบด้วยความมั่นคง หมายถึง การสร้างโรงไฟฟ้าที่สามารถตอบสนองและปรับเปลี่ยนระดับการผลิตได้ในระยะเวลาอันสั้น เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นและลดลงของพลังงานหมุนเวียนอย่างกะทันหัน ระบบกักเก็บพลังงานสามารถนำมาใช้กับพลังงานหมุนเวียนเพื่อช่วยรักษาเสถียรภาพของไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่ให้เกิดเปลี่ยนแปลงมากเกินไปในระยะเวลาสั้นๆ การทำงานร่วมกันจะช่วยลดต้นทุนการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติมเพื่อดูแลความมั่นคงของระบบได้ ในมุมมองของผู้ใช้งานอาจไม่มีแรงจูงใจในการรักษาเสถียรภาพผลิตพลังงานหมุนเวียนนอกจากจะมีโครงสร้างการรับซื้อไฟฟ้าที่ให้ราคาพิเศษแก่พลังงานที่มีความเสถียร

2.4.1.7 การบริหารค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand charge management) โดยการลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า คือ การลดการซื้อไฟฟ้าจากโครงข่ายในช่วงที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และเพิ่มการใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายในช่วงเวลาที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำ โดยเฉลี่ยการซื้อไฟฟ้าจากโครงข่ายในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกัน มีการจัดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ ซึ่งในอดีตการที่จะลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้านั้นเป็นเรื่องที่ยุ้งยาก เพราะต้องจัดทำลักษณะการใช้ไฟฟ้าของตนเองทุก 15 นาที และต้องคอยจดหน่วยเวลาการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์หน้าโรงงานทุก 15 นาที เพื่อดูว่าเวลาใดคือเวลาที่มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด แต่ในปัจจุบันนี้มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการบริหารจัดการค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ได้แก่ โปรแกรมการอ่านข้อมูลจาก Digital Power Meter ผ่านทางช่องทางการสื่อสารต่างๆ เช่น ระบบ LAN หรือ USB ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถรู้และตรวจสอบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าได้ทันทีและย้อนหลังได้ อีกทั้งยังสามารถคำนวณการใช้ไฟฟ้าออกมาในรูปแบบของบิลค่าไฟฟ้าได้ทันที ทำให้ง่ายในการบริหารจัดการลดค่าไฟฟ้าส่วนนี้มากขึ้น จึงนำระบบกักเก็บพลังงานเข้ามาเป็นทางเลือกในการบริหารจัดการความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด โดยการดึงพลังงานไฟฟ้าที่สำรองไว้มาใช้ในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เพื่อลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าว และเฉลี่ยการซื้อไฟฟ้าจากโครงข่ายในแต่ละช่วงเวลาให้ใกล้เคียงกันมากขึ้น

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.

2.4.2 เทคโนโลยีกักเก็บพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เทคโนโลยีกักเก็บพลังงานสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทหลักๆ ตามหลักการทำงานดังแสดงในตาราง 2.2

| รูปแบบการกักเก็บ | ตัวอย่างเทคโนโลยี |
|--|--|
| พลังงานกล (Mechanical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pumped-Storage Hydro (PSH) ▪ Compressed Air Energy Storage (CAES) ▪ Liquid Air Energy Storage (LAES) ▪ Flywheels (FW) |
| พลังงานความร้อน (Thermal Energy) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Thermo-Chemical ▪ Sensible Thermal ▪ Latent Thermal |
| พลังงานเคมี (Chemical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hydrogen Storage (H) ▪ Substitute Natural Gas (SNG) |
| พลังงานไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lead-Acid Batteries (L/A) ▪ Sodium-Sulfur Batteries (NaS) ▪ Lithium-ion Batteries (Li-ion) ▪ Redox Flow Batteries |
| พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Super-capacitors ▪ Superconducting Magnetic Storage (SMES) |

ตารางที่ 2.2 สรุปเทคโนโลยีสำคัญในแต่ละประเภท

(ที่มา : Gunev and Tepe, 2017)

ในส่วนของโครงการนี้จะกล่าวถึงระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่ ซึ่งจะใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีหลากหลายรูปแบบและคุณลักษณะของเทคโนโลยีต่างๆ จะขึ้นอยู่กับวัสดุและสารเคมีที่ใช้ ซึ่งเทคโนโลยีประเภทอื่นๆ จะขอไม่กล่าวถึง โดยนำระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่มาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังโดยมีการติดตั้งและถูก

เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

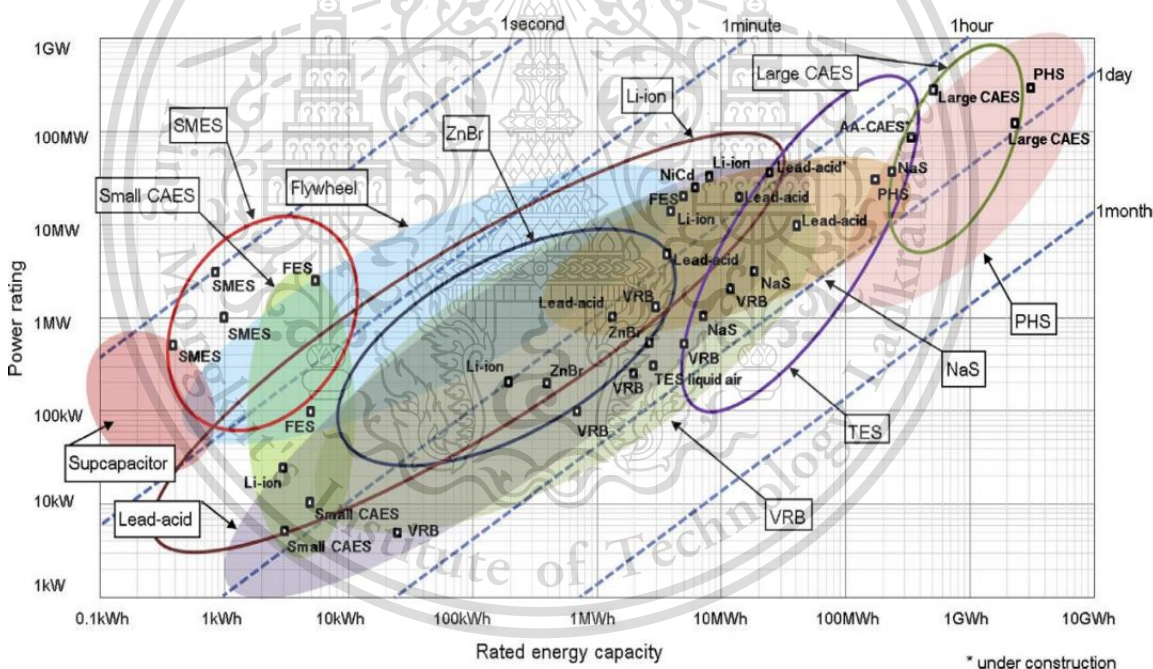
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.4.3 ตัวแปรในการเลือกใช้ระบบกักเก็บพลังงาน

1. ความสามารถในการกักเก็บและปลดปล่อยพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า ในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับ 2 คุณลักษณะ คือ ปริมาณพลังงานที่ระบบกักเก็บพลังงานสามารถเก็บสะสม (Rated Energy Capacity) ที่มีหน่วยเป็น kWh หรือ MWh และอัตราการกักเก็บหรือการปลดปล่อยประจุของพลังงานที่สะสมไว้ (Power Rating) ที่มีหน่วย kW หรือ MW ซึ่งเมื่อนำปริมาณพลังงานมาหารด้วยอัตราการปลดปล่อยก็จะได้ระยะเวลาของเทคโนโลยีสามารถปลดปล่อยพลังงาน ณ จุดพิกัดกำลังได้ (Discharge Time Duration at Power Rating) ซึ่ง 3 ตัวแปรนี้จะเป็นตัวกำหนดลักษณะการใช้งานของแต่ละเทคโนโลยี รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการนำมาใช้งานของเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานประเภทต่างๆ โดยแต่ละจุดสีด้าแสดงถึงโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานที่มีอยู่จริง ส่วนแกนตั้งแสดงถึง Power Rating ขณะที่แกนนอนแสดงถึง Rated Energy Capacity และเส้นทแยงคือ เส้นแบ่งของระยะเวลาที่เทคโนโลยีสามารถปลดปล่อยพลังงานได้ ณ จุดพิกัดกำลัง



รูปที่ 2.5 ลักษณะการใช้งานของแต่ละเทคโนโลยี

(ที่มา : Luo et al, 2015)

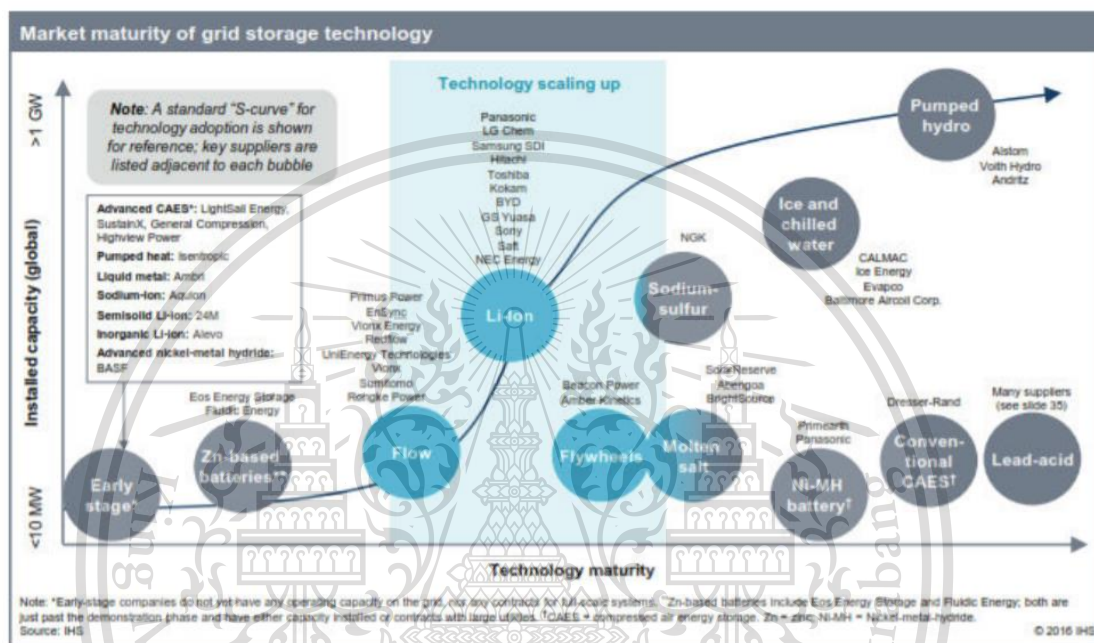
จากรูปที่ 2.5 เห็นว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการกักเก็บพลังงานในปริมาณมาก คือ เทคโนโลยีที่อยู่มุมขวาบน เช่น Pumped-Storage Hydro (PSH) และ Compressed Air Energy Storage (CAES) ส่วนเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการกักเก็บและปลดปล่อยพลังงานอย่างรวดเร็วจะอยู่ในมุมซ้ายล่าง เช่น

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.

Super-capacitors, Flywheels และ Superconducting Magnetic Storage (SMES) เทคโนโลยีแบตเตอรี่หรือระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าเคมี ส่วนมากจะอยู่ในช่วงกลางๆ คือ มีความเหมาะสมทั้งสองลักษณะการใช้งานขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดบนกราฟและขนาดของโครงการ แม้ว่าตัวแปรนี้จะแสดงถึงความเหมาะสมในเชิงเทคนิค แต่ก็ยังไม่ได้นำถึงระดับความพร้อมของเทคโนโลยีที่จะเป็นตัวกำหนดต้นทุนของโครงการและความน่าเชื่อถือได้ของระบบ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ระดับความพร้อมของแต่ละเทคโนโลยี

(ที่มา : Hart and Sarkissian 2016)

เรื่องของปริมาตรและน้ำหนักที่ใช้ในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยจะวัดได้จากพลังงานและกำลังไฟฟ้าต่อปริมาตรมีหน่วยเป็น W/L และ Wh/L และ พลังงานและกำลังไฟฟ้าต่อน้ำหนักมีหน่วยเป็น W/kg และ Wh/kg ซึ่งประเด็นนี้มีความสำคัญต่อการเลือกเทคโนโลยีในระดับหนึ่งสำหรับการใช้งานในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีพื้นที่จำกัด

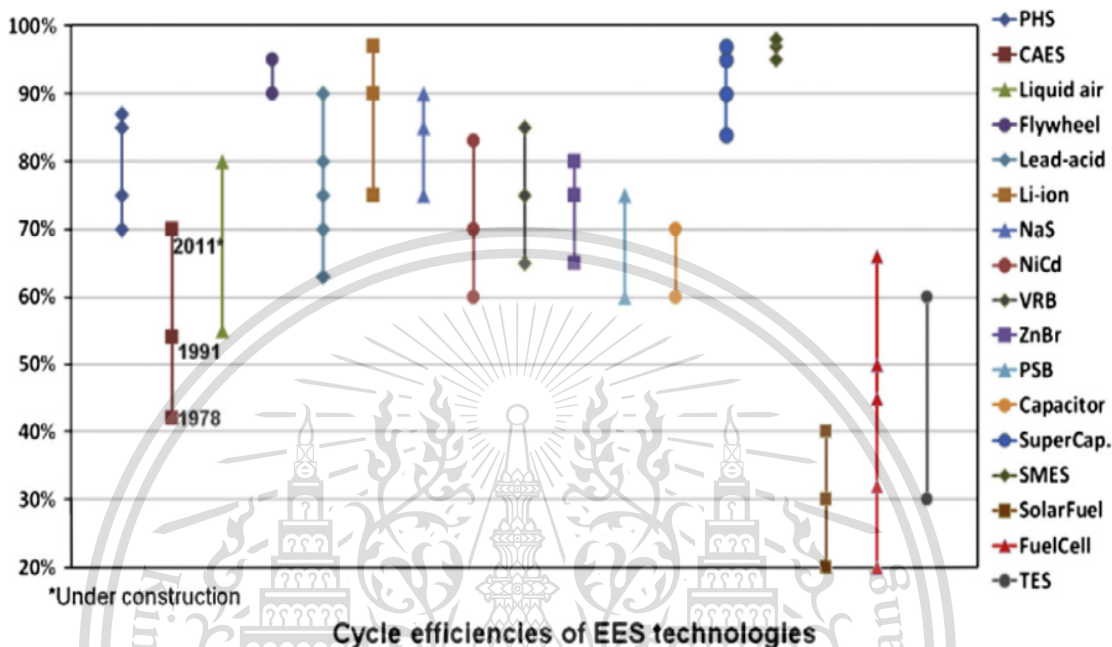
2. ประสิทธิภาพของการกักเก็บพลังงานต่อรอบการชาร์จ หรือ Cycle Efficiency จะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการกักเก็บพลังงานและช่วงปลดปล่อยพลังงาน ค่าประสิทธิภาพสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ปล่อยออกมาเทียบกับพลังงานที่ใส่เข้าไป ถ้าระบบกักเก็บพลังงานมีค่าประสิทธิภาพสูงจะมีการสูญเสียพลังงานในระหว่างขั้นตอนการกักเก็บหรือปลดปล่อยน้อย ดังนั้น

เทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพต่ำจึงไม่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่มีรอบการชาร์จบ่อยๆ จากรูปที่ 2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานประเภทต่างๆ จะเห็นว่าเทคโนโลยีไม่ว่ากรณีใดๆ 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.

แบตเตอรี่หลายๆประเภทมีค่าประสิทธิภาพที่เกาะกลุ่มกันระหว่างร้อยละ 60 ไปจนถึงร้อยละ 98 โดยจะสังเกตได้ว่าเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ เทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน, แบตเตอรี่ตะกั่ว และแบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์



รูปที่ 2.7 ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานต่อการชาร์จ
(ที่มา : Luo et al, 2015)

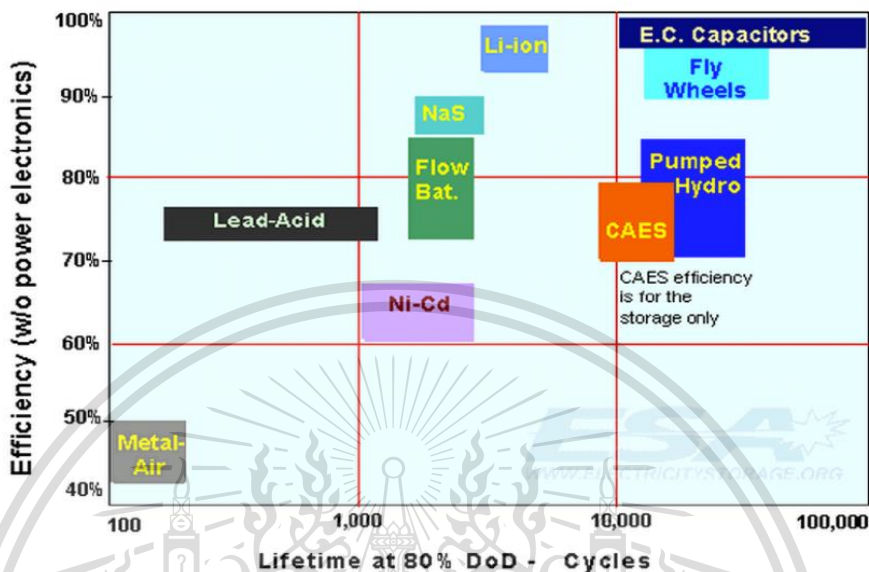
เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับ Power Application เช่น Flywheels และ Super-capacitors ซึ่งมีประสิทธิภาพที่สูงมากเช่นกัน ขณะที่เทคโนโลยีที่ใช้สำหรับ Energy Application เช่น Pumped-Storage Hydro และ Compressed Air Energy Storage นั้นกลับมีค่าประสิทธิภาพเพียงแค่อ้อยู่ 70 ถึง 88 และร้อยละ 42 ถึง 70 ตามลำดับ

3. ความสามารถในการกักเก็บและปลดปล่อยพลังงานต่อการรอบและอายุการใช้งานโดยเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานมีข้อจำกัดอย่างหนึ่ง คือ อายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่กักเก็บและปลดปล่อยพลังงานมีหน่วยเป็นรอบ ปัญหาคือจำนวนรอบและอายุการใช้งานจะเปลี่ยนแปลงตามความลึกของการปลดปล่อยพลังงาน (Depth of discharge) ที่มีหน่วยเป็นร้อยละ โดยแต่ละเทคโนโลยีมีพิกัดที่สามารถปลดปล่อยพลังงานได้ต่างกัน ในกรณีที่มีการปลดปล่อยพลังงานไม่ตรงพิกัด ก็จะทำให้เกิดเหตุการณ์ที่เรียกว่า Memory Effect ทำให้อายุการใช้งานลดลงอย่างมาก สำหรับการในระบบกักเก็บพลังงานจำเป็นที่จะต้องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

มีความสามารถในการปลดปล่อยที่ลึกพอสมควร โดยมาตรฐานทั่วไปของความลึกในการปลดปล่อยจะเท่ากับหรือน้อยกว่าร้อยละ 80



รูปที่ 2.8 ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานที่ร้อยละ 80 ของ Depth of discharge

(ที่มา : Carnegie et al, 2013)

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าเทคโนโลยีแบตเตอรี่ Lead acid มีอายุการใช้งานที่ต่ำมากเมื่อใช้งานที่มีความลึกในการปลดปล่อยร้อยละ 80 ต่างจากเทคโนโลยีแบตเตอรี่อื่นๆ ที่มีอายุการใช้งานเกินหนึ่งพันรอบขึ้นไป ขณะที่เทคโนโลยี Pumped-Storage Hydro, Compressed Air Energy Storage และ Flywheels มีอายุการใช้งานที่นานเกินหนึ่งหมื่นรอบ

4. ต้นทุนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน ต้องมีความคุ้มค่าทางการเงิน ซึ่งการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างเทคโนโลยีไม่สามารถทำได้โดยตรง เนื่องจากในแต่ละเทคโนโลยีมีอายุการใช้งานที่ต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ ผู้เปรียบเทียบจำเป็นต้องคำนวณมูลค่าของต้นทุนในลักษณะของ Levelized cost of storage (LCOS) ในรูปที่ 2.9 จะแสดงถึงสัดส่วนระหว่างผลรวมของต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร (ไม่รวมต้นทุนพลังงาน) ของระบบกักเก็บพลังงานกับปริมาณของพลังงานที่ระบบกักเก็บพลังงานปลดปล่อยได้ทั้งหมดภายในช่วงอายุการใช้งานของระบบ

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.

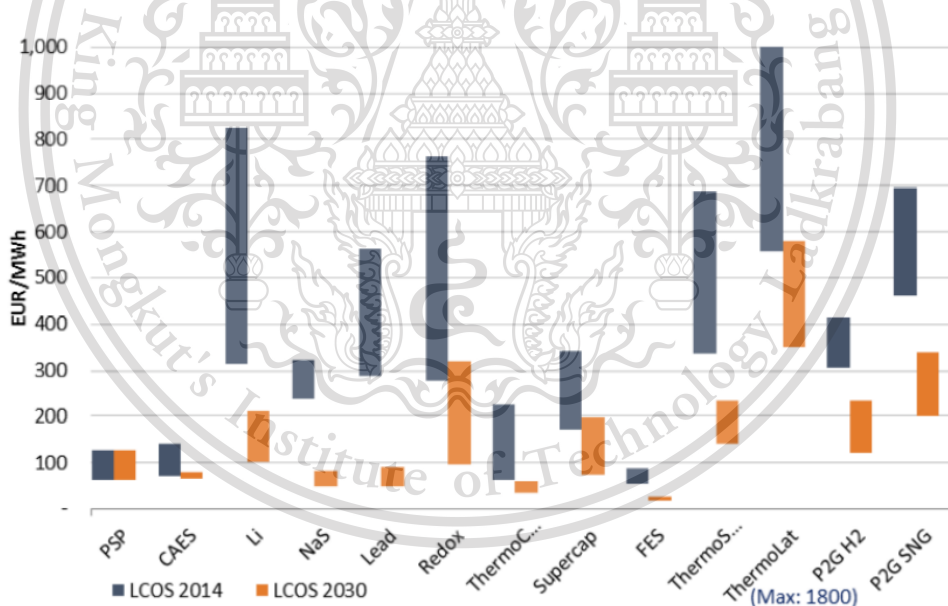
$$LCOS = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{el}}{(1+i)^t}}$$

| | |
|-----------------------|---|
| <i>LCOS</i> | <i>Levelized cost of energy [€/kWh]</i> |
| <i>I₀</i> | <i>Investment costs [€]</i> |
| <i>A_t</i> | <i>Annual total costs in year t [€]</i> |
| <i>M_{el}</i> | <i>Generated electricity in each year [kWh]</i> |
| <i>n</i> | <i>Technical lifetime [years]</i> |
| <i>t</i> | <i>Year of technical lifetime (1, ..., n)</i> |
| <i>i</i> | <i>Discounted rate (WACC)[%]</i> |

รูปที่ 2.9 วิธีคำนวณ Levelized cost of storage (LCOS)

(ที่มา : Gardner, 2016)

การคิดต้นทุนวิธี LCOS จะได้มูลค่าที่คงที่เสมอ ต่างจากการคำนวณต้นทุนต่อรอบการชาร์จที่จะมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งานและการเสื่อมสภาพ วิธีคำนวณต้นทุนแบบนี้จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบเทคโนโลยีกักเก็บพลังงาน อย่างไรก็ตาม วิธีคำนวณนี้จะตอบเพียงแค่ว่าต้นทุนการเก็บพลังงาน เป็นการวิเคราะห์ที่มองด้านเดียวเท่านั้น การเลือกเทคโนโลยีที่ดีจำเป็นต้องวิเคราะห์องค์ประกอบหลายปัจจัยที่มีเหมาะสมต้องการใช้งานด้วย



รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบราคา LCOS ของเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานในปี 2015-2030

(ที่มา : Gardner, 2016)

จากรูปที่ 2.10 เปรียบเทียบราคา LCOS จะเห็นว่าปัจจุบันเทคโนโลยีที่มี LCOS ต่ำสุด ได้แก่ Pumped-Storage Hydro และ Compressed Air Energy Storage สำหรับเทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเธียม ลิเธียมไอออน และ Redox flow ปัจจุบันยังมีราคาที่สูงกว่าแบตเตอรี่ดั้งเดิมอย่าง Lead-Acid และ

Sodium Sulfur อย่างเห็นได้ชัด และยังมีช่วงระยะห่างระหว่างราคาสูงสุดกับต่ำสุดที่กว้างแสดงถึงการกระจายตัวของราคาตลาดระหว่างผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีแบตเตอรี่ Lithium-ion และ Redox flow ยังมีศักยภาพที่จะลดราคาจนสามารถเทียบเคียงราคาของเทคโนโลยีอื่นๆ ได้ภายในปี 2030

ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบราคากับการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ ผู้เปรียบเทียบจำเป็นต้องคิดรวมค่า LCOS ของระบบกักเก็บพลังงานคู่กับค่าติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าไปด้วยเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ ดังรูปที่ 2.11 เป็นการเปรียบเทียบราคา Levelized cost of energy (LCOE) ระหว่างเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าต่างๆ ที่กำลังจะเริ่มใช้งานในปี 2022 จะเห็นว่าในอีก 5 ปีข้างหน้าต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และลม จะถูกกว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหิน แต่ยังไม่สามารถเทียบเท่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซธรรมชาติได้

U.S. Average LCOE (2016 \$/MWh) for Plants Entering Service in 2022

| Plant Type | Capacity Factor (%) | Levelized Capital Cost | Fixed O&M | Variable O&M (including fuel) | Transmission Investment | Total System LCOE |
|---|---------------------|------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Dispatchable Technologies | | | | | | |
| Coal 30% with carbon sequestration ² | 85 | 94.9 | 9.3 | 34.6 | 1.2 | 140.0 |
| Coal 90% with carbon sequestration ² | 85 | 78.0 | 10.8 | 33.1 | 1.2 | 123.2 |
| Natural Gas-fired | | | | | | |
| Conventional Combined Cycle | 87 | 13.9 | 1.4 | 40.8 | 1.2 | 57.3 |
| Advanced Combined Cycle | 87 | 15.8 | 1.3 | 38.1 | 1.2 | 56.5 |
| Advanced CC with CCS | 87 | 29.5 | 4.4 | 47.4 | 1.2 | 82.4 |
| Conventional Combustion Turbine | 30 | 40.7 | 6.6 | 58.6 | 3.5 | 109.4 |
| Advanced Combustion Turbine | 30 | 25.9 | 2.6 | 62.7 | 3.5 | 94.7 |
| Advanced Nuclear | 90 | 73.6 | 12.6 | 11.7 | 1.1 | 99.1 |
| Geothermal | 91 | 32.2 | 12.8 | 0.0 | 1.5 | 46.5 |
| Biomass | 83 | 44.7 | 15.2 | 41.2 | 1.3 | 102.4 |
| Non-Dispatchable Technologies | | | | | | |
| Wind – Onshore | 39 | 47.2 | 13.7 | 0.0 | 2.8 | 63.7 |
| Wind – Offshore | 45 | 133.0 | 19.6 | 0.0 | 4.8 | 157.4 |
| Solar PV ³ | 24 | 70.2 | 10.5 | 0.0 | 4.4 | 85.0 |
| Solar Thermal | 20 | 191.9 | 44.0 | 0.0 | 6.1 | 242.0 |
| Hydroelectric ⁴ | 59 | 56.2 | 3.4 | 4.8 | 1.8 | 66.2 |

²Due to new regulations (CAA 111b), conventional coal plants cannot be built without CCS because they are required to meet specific CO₂ emission standards. Two levels of CCS removal are modeled, 30% and 90%. The coal plant with 30% removal is assumed to incur a 3 percentage-point adder to its cost-of-capital to represent the risk associated with higher emissions from a plant of that design.

³Costs are expressed in terms of net AC power available to the grid for the installed capacity.

⁴As modeled, hydroelectric is assumed to have seasonal storage so that it can be dispatched within a season, but overall operation is limited by resources available by site and season.

รูปที่ 2.11 ราคา LCOE ระหว่างเทคโนโลยีผลิตพลังงานที่กำลังจะเริ่มใช้งานในปี 2022

(ที่มา : EIA, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และลม สามารถนำมาติดตั้งร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานเพื่อนำมาแทนที่การผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลและก๊าซธรรมชาติ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำใบใช้

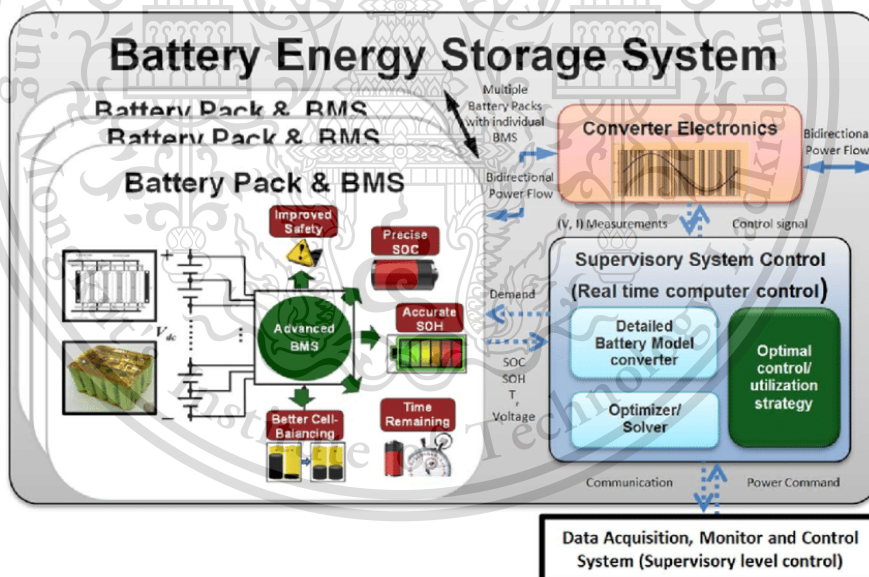
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

ได้ ถ้าต้นทุนรวมของการผลิตพลังงานหมุนเวียนและระบบกักเก็บพลังงานต่ำพอ อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าตัวเลขดังกล่าวยังไม่ได้รวมต้นทุนทางสังคมและต้นทุนทางธรรมชาติที่เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีที่มีการคิดคำนวณราคาของคาร์บอนรวมไปด้วย ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิล และก๊าซธรรมชาติจะสูงขึ้นไปด้วย

2.4.4 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

1. ระบบ Battery Management System (BMS) จะมีหน้าที่ในการป้องกันความเสียหายของแบตเตอรี่จากการที่ปริมาณแรงดันและกระแสไฟฟ้ามากเกินไป อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการยืดอายุการใช้งานอีกด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ระบบ BMS มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเซลล์แบตเตอรี่โดยทั่วไปจะมีพอกัดแรงดันที่ต่ำ การนำมาใช้จริงจึงต้องนำมาหลายๆ เซลล์ต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันตามความต้องการของการใช้งานแต่ละแบบ ปัญหาคือขั้นตอนการผลิตเซลล์ในโรงงานมักมีความคลาดเคลื่อน จึงส่งผลให้บางเซลล์ที่อัดประจุได้เต็มก่อน และบางเซลล์ที่ปล่อยประจุหมดก่อน ส่งผลให้อายุการใช้งานของแต่ละเซลล์ในแบตเตอรี่ ดังนั้น ระบบ BMS จึงมีหน้าที่ปรับแรงดันของแต่ละเซลล์ (State of charge) ให้เท่ากันในทุกกรอบเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

(ที่มา : Matthew T. Lawder, 2017)

2. Inverter และ converter ที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง โดย Inverter ทำหน้าที่แปลงจากไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นกระแสสลับ (DC-AC) และ converter ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับไปเป็นกระแสตรง (AC-DC) ซึ่งลักษณะการทำงาน

คล้ายๆ กันกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แต่แตกต่างกันตรงที่ในกรณีของระบบกักเก็บพลังงานแบบเตอรี กำลังไฟฟ้าจะไหลได้สองทิศทาง หากอยู่ในโหมดคายประจุหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าออกจากแบบเตอรี Inverter จะจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับในลักษณะที่ทำให้กำลังไฟฟ้าไหลเข้าไปในระบบของการไฟฟ้า ในทางตรงกันข้ามหากอยู่ในโหมดอัดประจุแบบเตอรี ตัว Inverter จะดึงกำลังไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าเข้ามาเก็บในแบบเตอรีแทน

2.5 ตัวอย่างของระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ระบบกักเก็บพลังงานยังเป็นส่วนหนึ่งของแผนแม่บทการพัฒนาโครงข่ายสมาร์ตกริดของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 ซึ่งในปัจจุบัน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ให้ความสำคัญกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง โดยมีการวางแผนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบบเตอรีทั้งหมด 3 โครงการตามตารางที่ 2.3

| จุดติดตั้ง | พลังงานหมุนเวียนปี 2563 | | รวม (MW) |
|---|-------------------------|---------------------------|-------------|
| | พลังงานลม (MW) | พลังงานแสงอาทิตย์ (MW) | |
| โครงการติดตั้งแบบเตอรีกักเก็บพลังงาน (จังหวัดแม่ฮ่องสอน) | - | 3.5 | 3.5 |
| สถานีไฟฟ้าแรงสูงบำเหน็จณรงค์ (จังหวัดชัยภูมิ) | 140.7 | 77.5 | 218.2 |
| สถานีไฟฟ้าแรงสูงชัยบาดาล (จังหวัดลพบุรี) | 207.0 | 94.2 | 301.2 |

ตารางที่ 2.3 โครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานของ กฟผ.

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

การใช้ระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทยยังไม่เป็นแพร่หลาย เนื่องจากผลตอบแทนจากการลงทุนอยู่ในระดับต่ำและโอกาสทางธุรกิจยังมีน้อย เมื่อเทียบกับต้นทุนของเทคโนโลยี ซึ่งมีข้อจำกัดของการใช้เทคโนโลยีนี้อยู่ ได้แก่ ราคาของเทคโนโลยีและภาษี กฎระเบียบโครงสร้างกิจการไฟฟ้า และความเชื่อมั่นของประชาชนและภาครัฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

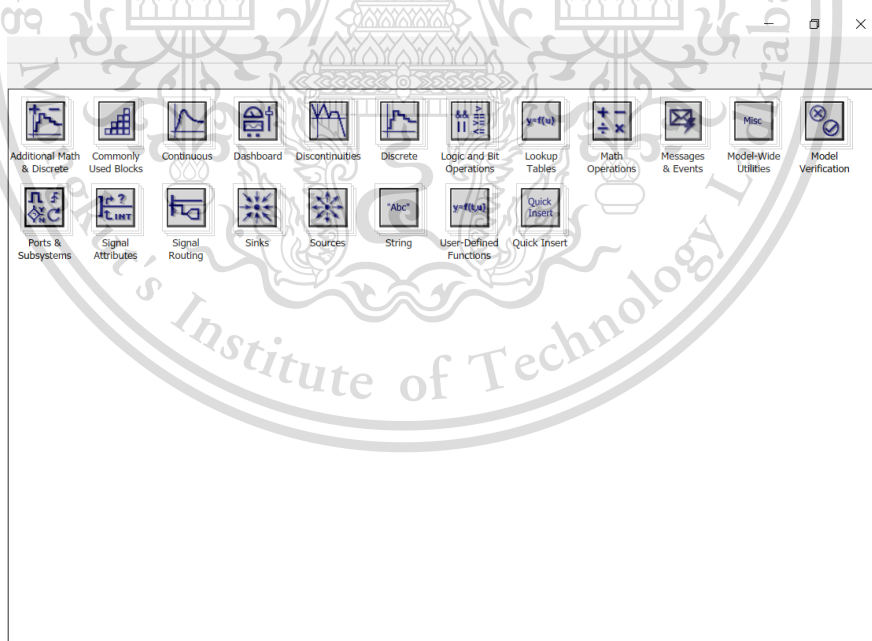
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Simulink

โปรแกรม MATLAB สามารถจำลอง ทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบพลศาสตร์ในเชิงเวลา ได้โดยการใช้ Simulink ซึ่งเป็นเครื่องมือ Toolbox ที่อยู่ในโปรแกรม MATLAB โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพของ Simulink เท่านั้น คำว่า Simulink มาจากคำสองคำคือ Simulation และ Link การใช้งาน Simulink จะทำได้โดยการนำ Block ในหน้าต่าง Library-Simulink มาต่อกันตามที่เราต้องการและสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้น ไม่เป็นเชิงเส้น ระบบเวลาต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยป้อนอินพุตที่ป้อนเข้าไปและผ่านระบบจนได้ผลลัพธ์ของการจำลองการทำงานตามที่ได้ออกแบบระบบไว้

เมื่อเริ่มต้นใช้งาน Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดชื่อหน้าต่าง Simulink โดยอัตโนมัติเป็น untitled หน้าต่าง Simulink นี้จะทำงานเชื่อมต่อกับหน้าต่างคำสั่งของโปรแกรม MATLAB โดย Simulink สามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Workspace ของหน้าต่างคำสั่ง ในกรณีที่ระบบใช้ฟังก์ชัน หรือ Block ที่เป็น To Workspace ตลอดจน Block ของหมวดหมู่ต่างๆ ที่ไม่ได้กำหนดค่าตัวเลขแต่กำหนดเป็นค่าตัวแปรในหน้าต่าง Simulink และเมื่อเก็บ (Save as) ระบบที่จำลองได้ด้วย Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดไฟล์ที่ทำการ Simulink เป็นชื่อไฟล์นามสกุล .mdl



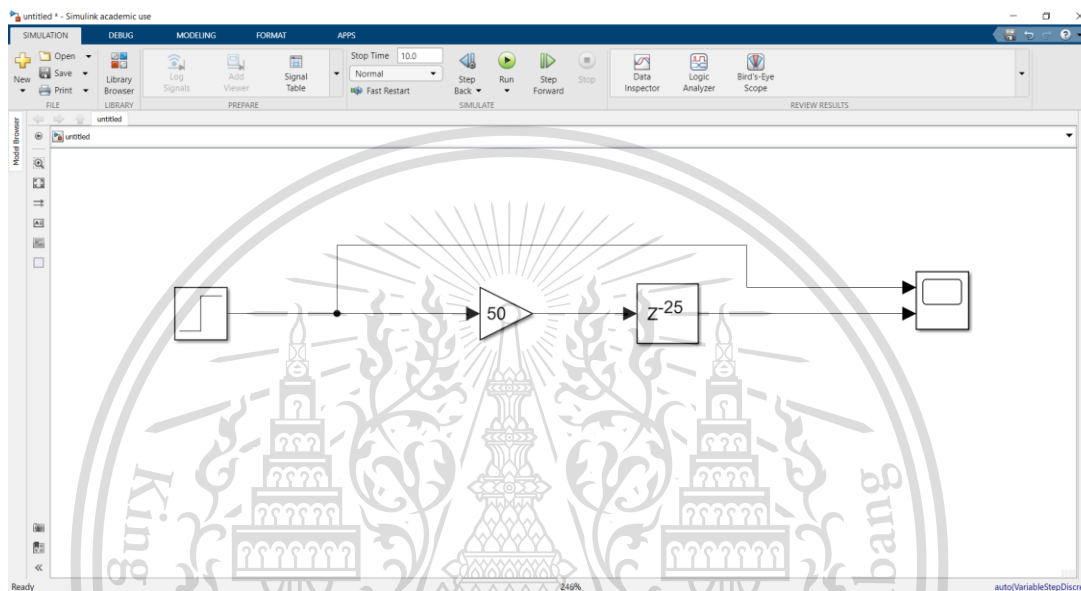
รูปที่ 2.13 แสดงถึง Library พื้นฐานของ Simulink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เมื่อเริ่มใช้งาน Simulink จะพบหน้าต่าง Library Simulink ที่ประกอบด้วย Block Diagram ที่เป็นโมดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการจำลองระบบ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้เพียงตัวเดียวโดดๆ ต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นถึงจะทำงานได้ การเลือกใช้งานโมดใดโมดหนึ่งในหน้าต่าง Library Simulink ให้คลิกไปที่โมดนั้น แล้วจะปรากฏหน้าต่างแสดงรายละเอียดของ Block ต่างๆ บนหน้าต่าง Library Simulink ของโมดที่เลือกไว้ออกมา



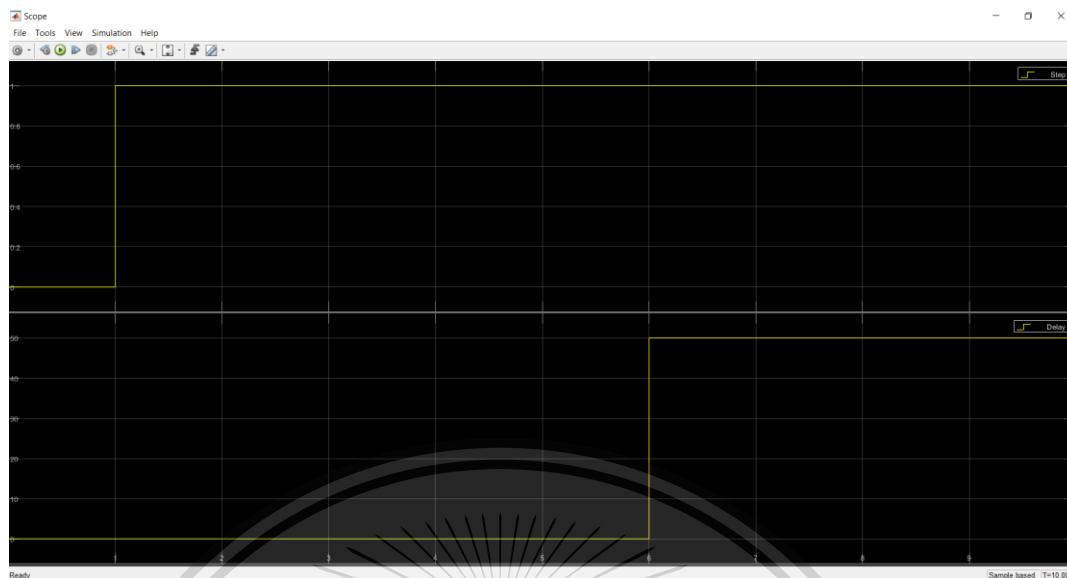
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการทำงานของ Simulink

จากรูปที่ 2.13 จะเห็นว่า Simulink จะแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน ได้แก่ อินพุต ตัวดำเนินการ และ เอาต์พุต โดยไม่ว่าการต่อวงจรการทำงานของ Simulink จะมีความซับซ้อนเพียงใดก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนพื้นฐานนี้ โดยอินพุตนั้นเมื่อระบบมีความซับซ้อนอาจจะทำให้อินพุตไม่ได้มีแค่ตัวเดียว ในส่วนของ เอาต์พุตก็เช่นกันเมื่อระบบมีความซับซ้อนไม่จำเป็นต้องมีเอาต์พุตแค่ตัวเดียวอาจจะมียหลายตัวก็ได้ และในส่วนที่มักจะทำให้ระบบซับซ้อนมากที่สุดก็คือส่วนของตัวดำเนินการซึ่งในตัวอย่างตามรูปที่ 2.13 ได้แสดงถึงตัวดำเนินการแบบง่ายๆ ซึ่งก็คือการเพิ่มขนาดของ step function และทำการหน่วงเวลาของ step function ซึ่งแสดงผลลัพธ์ระหว่างก่อนและหลังผ่านตัวดำเนินการไว้ในภาพที่ 2.14

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 2.15 แสดงผลลัพธ์ของ step function ระหว่างก่อนและหลังผ่านตัวดำเนินการ

จากภาพที่ 2.15 จะเห็นได้ว่าอินพุตหลังจากผ่านตัวดำเนินการมีการเปลี่ยนแปลงค่า step ค่าสูงจาก 1 เป็น 50 จากการคูณเข้าไปของ gain และเกิดการหน่วงเวลาเนื่องจากตัวหน่วงเวลาซึ่งทุกครั้งที่ผ่านตัวดำเนินการทุกครั้งก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจนถึงการเปลี่ยนแปลงท้ายที่สุดตรงสัญญาณที่ออกมาเป็นเอาต์พุต ตัวอย่างข้างต้นเพียงแต่จะแสดงให้เห็นกระบวนการทำงานขั้นพื้นฐานของโปรแกรม Simulink ว่ามีหลักการทำงานเช่นไรบ้าง โดยทุกการทำงานที่ได้กระทำบน Simulink จะถูกคำนวณโดย MATLAB เหมือนการพิมพ์โค้ดคำสั่งหรือป้อนคำสั่งดังตัวอย่างของ MATLAB ที่ได้แสดงให้เห็น แต่ว่า Simulink มีเพื่อลดความยากในการสร้างฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนและ Simulink ยังใช้งานได้ง่ายเมื่อต้องการการทำงานที่เหมือนกันเทียบกับการป้อนคำสั่งลงบน MATLAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

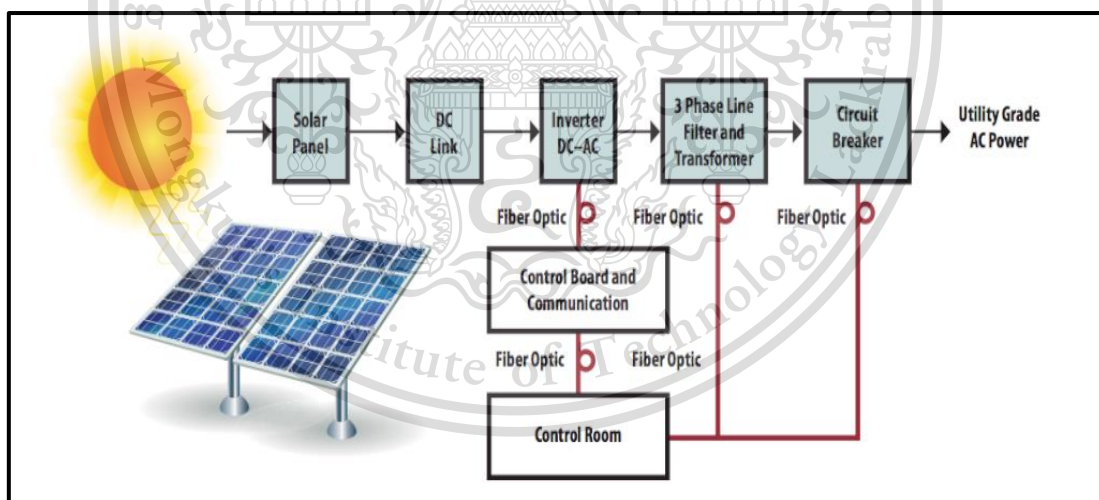
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

บทที่ 3

การออกแบบวงจรสำหรับจำลองผลของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานที่มีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลัง ณ สถานะที่มีความเฉพาะเจาะจง

ในการออกแบบวงจรสำหรับการจำลองผลการทดลองให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ในการศึกษานั้น จะศึกษาในเบื้องต้นจากระบบที่มีความซับซ้อนไม่มาก เพราะว่าการที่จะมุ่งเน้นผลจากระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ที่มีผลต่อระบบไฟฟ้าซึ่งมีการต่อแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ามาจากพลังงานหมุนเวียนโดยมุ่งเน้นการศึกษาพลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก แล้วจากนั้นก็ดูผลของระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ที่มีผลต่อระบบไฟฟ้าโดยรวม ณ สถานะที่มีความเฉพาะเจาะจง เช่น สถานะที่มีภาระทางไฟฟ้ามากกว่าปกติ สถานะที่มีภาระทางไฟฟ้าต่ำกว่าปกติหรือแม้แต่สถานะที่เกิดความผิดพลาดขึ้นกับระบบไฟฟ้า แล้วดูว่าระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่จะมีผลในการช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ามาน้อยเพียงใดและจะมีผลการทดลองตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนหน้าหรือไม่



รูปที่ 3.1 แสดงถึงภาพแบบจำลองการต่อ Solar PV เข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลัง

(ที่มา : <http://www.sunpro-solar.net/> ในหัวข้อ Solar farm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

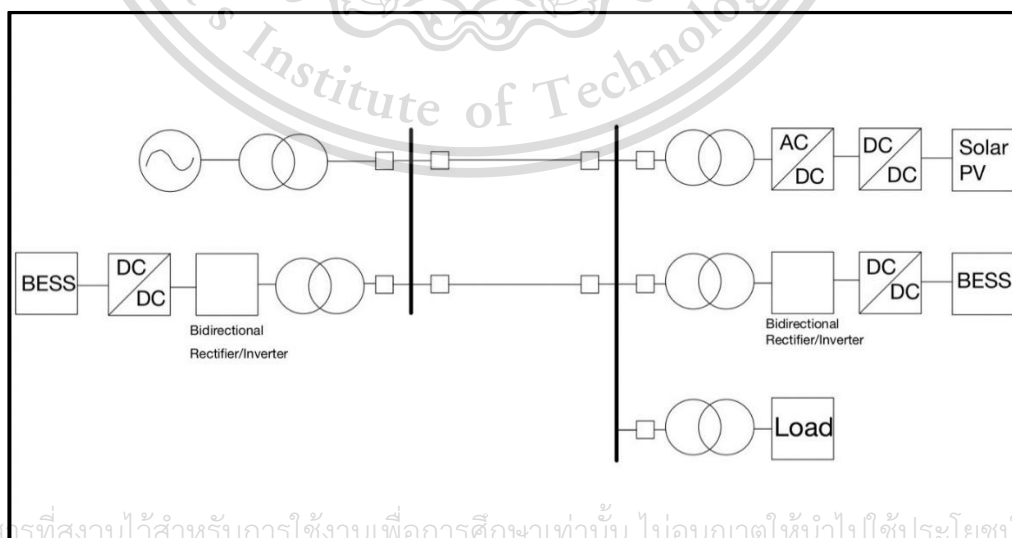
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1 การออกแบบวงจรที่จะใช้ในการศึกษา

ในการออกแบบวงจรสมมูลของระบบไฟฟ้าที่จะใช้ในการศึกษาผลการจำลองระบบนั้นจะเริ่มศึกษาจากวงจรขนาดเล็กซึ่งไม่มีความซับซ้อนของระบบมากโดยมุ่งเน้นศึกษาผลของระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่เป็นหลักจึงทำให้การออกแบบวงจรสมมูลโดยใช้การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูลจากระบบที่มีการใช้งานจริง เช่น ค่าของพิกัดแรงดันหม้อแปลง ค่าพิกัดโหลดและค่าของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์โดยอ้างอิงจากระบบที่มีการใช้งานจริง เพราะจะทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือและมีประโยชน์ในการนำไปเปรียบเทียบกับระบบที่มีการใช้งานจริงได้

วงจรสมมูลที่จะใช้ในการศึกษาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักๆได้แก่

1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า
2. หม้อแปลงแรงดัน
3. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
4. Battery Energy Storage System
5. Bidirectional Inverter-rectifier สำหรับ Battery Energy Storage System
6. Inverter สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์
7. Buck-Boost converter



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้สำหรับอาจารย์ใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 3.2 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ในการศึกษา เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.1.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบเบื้องต้นของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะมีการอ้างอิงค่าโดยคิดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยรวมระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปแบบวงจรสมมูลให้เหลือเพียงแค่แหล่งจ่ายเดียวเพื่อง่ายแก่การจำลองผลในเบื้องต้นไม่ให้ความซับซ้อนมากเกินไปและได้มีการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีค่าพารามิเตอร์ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

| | |
|----------------------------|--------|
| Nominal L-L Voltage [Vrms] | 5000 V |
| Nominal Frequency [Hz] | 50 Hz |
| Initial Power [W] | 500 kW |

3.1.2 Battery Energy Storage System

การออกแบบระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบของแบตเตอรี่นั้น ในการออกแบบวงจรเพื่อจำลองผลการทดลองของผลในการทำให้ระบบยังคงมีเสถียรภาพ ณ สถานะที่มีความเฉพาะเจาะจงตามสมมุติฐานนั้นในการทดลองเพื่อหาผลกระทบของมันเราจะต้องวงจรสมมูลเสมือนมีระบบกักเก็บพลังงานเพียงแค่นี้แหล่งกักเก็บเพื่อลดความซับซ้อนในการทดลองขั้นต้นนี้ โดยระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่มีค่าพารามิเตอร์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของวงจรสมมูลของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

ตารางค่าพารามิเตอร์ของ วงจรสมมูลของระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบของแบตเตอรี่

| | |
|-------------------------------|----------|
| Nominal L-L Voltage [Vrms] | 5000 V |
| Nominal Frequency [Hz] | 50 Hz |
| Rated Power [kW] | 400 kW |
| Rated Capacity [kWh] | 2500 kWh |
| Overall System Efficiency [%] | 96 % |

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.

ตารางการควบคุมการเก็บ-จ่ายพลังงานของแบตเตอรี่

| | |
|----------------------------------|------|
| Upper Charge Limits [%] | 81 % |
| Lower Charge Limits [%] | 19 % |
| SOC to Recharge [%] | 11 % |
| Recharge Rate [% of Rated Power] | 50 % |

3.1.3 Bidirectional Inverter-rectifier สำหรับ Battery Energy Storage System

ในการออกแบบในส่วนของ Bidirectional Inverter-rectifier สำหรับระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่เพราะว่าระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่มี 2 สถานะการทำงานคือ การทำงานในสถานะเป็นแหล่งจ่ายพลังงานและในสถานะที่ทำหน้าที่เป็นตัวกักเก็บพลังงานทำให้มีความจำเป็นต้องทำ Bidirectional Inverter-rectifier ขึ้นมาเพื่อให้ในสถานะที่ระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานสามารถแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วแบตเตอรี่ไปเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อต่อผ่านระบบแปลงระดับแรงดันและกรองสัญญาณแล้วจึงส่งเข้าสู่ระบบไฟฟ้าต่อไปและในส่วนของสถานะที่มีการกักเก็บพลังงานก็จะมีการแปลงแรงดันไฟฟ้าจากกระแสสลับที่มาจากระบบไฟฟ้าแปลงให้สามารถกักเก็บในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วของระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่

ซึ่งจะเห็นได้ว่าออกแบบโดยใช้ Bidirectional Inverter-rectifier ในระบบทำให้ระบบมีความซับซ้อนน้อยลงเนื่องจากแทนที่จะใช้ Inverter 1 ตัว และ rectifier 1 ตัว ก็จะมีการรวบทั้ง 2 ให้อยู่ในรูปของ Bidirectional ซึ่งมีหน้าที่ในการแปลงแรงดันระหว่างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบไฟฟ้าให้สามารถแปลงได้โดยใช้อุปกรณ์ 1 ตัว ไม่ว่าจะเกิดสถานะกักเก็บพลังงานหรือเป็นแหล่งจ่ายพลังงานก็ตาม

3.1.4 Inverter สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบ Inverter สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมี Inverter ในวงจรเพราะว่าจะทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อส่งเข้าไฟในระบบไฟฟ้าเพื่อใช้ในการจ่ายภาระทางไฟฟ้าต่อไปโดยมีตัวควบคุม Inverter เป็นแบบ MTPP

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.

3.1.5 Buck-Boost converter

จะมีการต่อ Buck-Boost converter ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหม้อแปลงแรงดันและ Bidirectional และตรงส่วนระหว่าง Inverter และหม้อแปลงแรงดันที่มีการใส่ Buck-Boost converter ลงไปในวงจรเพราะว่าหม้อแปลงที่มีจำหน่ายไม่ได้สามารถแปลงระดับแรงดันได้ทุกค่าตามที่ต้องการแต่เป็นการแปลงระดับแรงดันได้เป็นบางค่าเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นค่าที่เฉพาะค่าหรือเป็นช่วงซึ่งหม้อแปลงแรงดันโดยปกติไม่สามารถทำได้จึงจำเป็นต้องมีการใส่ Buck-Boost converter เข้าไปในวงจรตรงส่วนระหว่างหม้อแปลงแรงดันและส่วนที่เป็นอุปกรณ์ที่มีองค์ประกอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

3.2 กรณีศึกษาที่จะทำการศึกษา

3.2.1 กรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าแต่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

3.2.1.1 กรณีที่มีภาระทางไฟฟ้ามก

ในการออกแบบการทดลองให้มีสภาวะภาระทางไฟฟ้ามกและไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเข้ามาเพื่อที่ต้องการจะรู้ผลของการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าในสภาวะที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามกกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV นั้นมีผลอย่างไรต่อระบบไฟฟ้าเมื่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามกกว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV

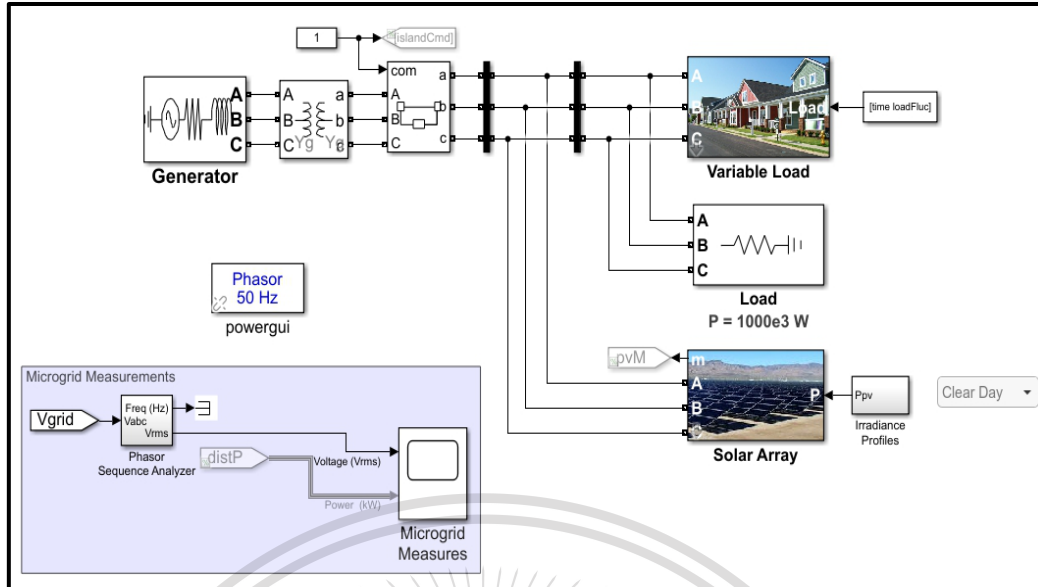
3.2.1.2 กรณีที่มีภาระทางไฟฟ้าน้อย

ในการออกแบบการทดลองให้มีสภาวะภาระทางไฟฟ้าน้อยและไม่มีการต่อระบบกักเก็บพลังงานเข้ามาเพื่อที่ต้องการจะรู้ผลของการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าในสภาวะที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายออกมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV นั้นมีผลอย่างไรต่อระบบไฟฟ้าเมื่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV

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 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ศึกษากรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าแต่ยังไม่มี การต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

3.2.2 กรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าและมีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บ พลังงาน

3.2.2.1 กรณีที่มีภาระทางไฟฟ้ามาก

ในการออกแบบการทดลองให้มีสถานะภาระทางไฟฟ้ามากและมีการต่อระบบกักเก็บ พลังงานเข้ามาเพื่อที่ต้องการจะรู้ผลของการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าในสถานะที่มีความต้องการ ใช้ไฟฟ้ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายออกมาจากแหล่ง จ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV นั้นมีผลอย่างไรต่อระบบไฟฟ้า เมื่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้า ที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV และการที่มีการต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นมีส่วนช่วยใน การจ่ายภาระทางไฟฟ้าอย่างไร

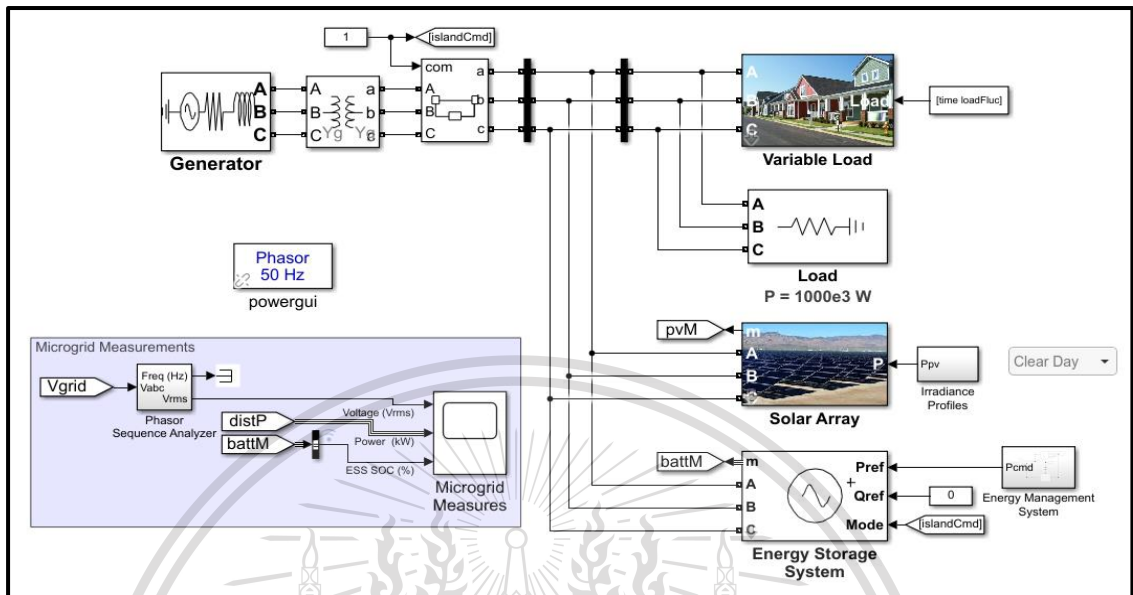
3.2.2.2 กรณีที่มีภาระทางไฟฟ้าน้อย

ในการออกแบบการทดลองให้มีสถานะภาระทางไฟฟ้าน้อยและมีการต่อระบบกักเก็บ พลังงานเข้ามาเพื่อที่ต้องการจะรู้ผลของการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าในสถานะที่มีความต้องการ ใช้ไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายออกมาจากแหล่ง จ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV นั้นมีผลอย่างไรต่อระบบไฟฟ้า เมื่อมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายปกติและแหล่งจ่ายไฟฟ้า

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

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

ที่เป็นพลังงานหมุนเวียนอย่าง Solar PV และการที่มีการต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นมีส่วนช่วยในการจ่ายภาระทางไฟฟ้าอย่างไร



รูปที่ 3.4 แสดงถึงวงจรที่จะใช้ศึกษากรณีที่มีการต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้าไปในระบบไฟฟ้าและมีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเข้าไปในระบบไฟฟ้า

ซึ่งจากการศึกษาผลของการทดลองจากการออกแบบ แบบจำลองในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกรณีของระบบไฟฟ้าที่มีการต่อแหล่งพลังงานหมุนเวียนเข้าไปในระบบแล้วจะศึกษาผลของกรณีศึกษาที่มีความเฉพาะเจาะจงของกรณีเมื่อมีการต่อแหล่งจ่ายจากพลังงานหมุนเวียนเข้าไปซึ่งในที่นี้ก็คือ Solar PV โดยที่แหล่งจ่ายพลังงานหมุนเวียน Solar PV นั้นในบางช่วงเวลาเช่นตอนเช้าซึ่ง Solar PV มีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้มากแต่ความต้องการไฟฟ้านั้นไม่มาก ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่มีกำลังการผลิตมากกว่าความต้องการใช้จากกรณีดังกล่าวนี้จะส่งผลอย่างไรบ้างต่อระบบไฟฟ้าและถ้ามีการต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะมีส่วนช่วยในการกักเก็บพลังงานได้หรือไม่ อย่างไร และในช่วงเวลาที่เป็นช่วงกลางคืนหรือตอนบ่ายที่อาจมีผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมาก จนเมื่อเกิดกรณีที่โหลดไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ จะมีผลอย่างไรต่อระบบไฟฟ้าบ้างและถ้ามีการต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะมีส่วนช่วยในการจ่ายพลังงานได้หรือไม่ อย่างไร

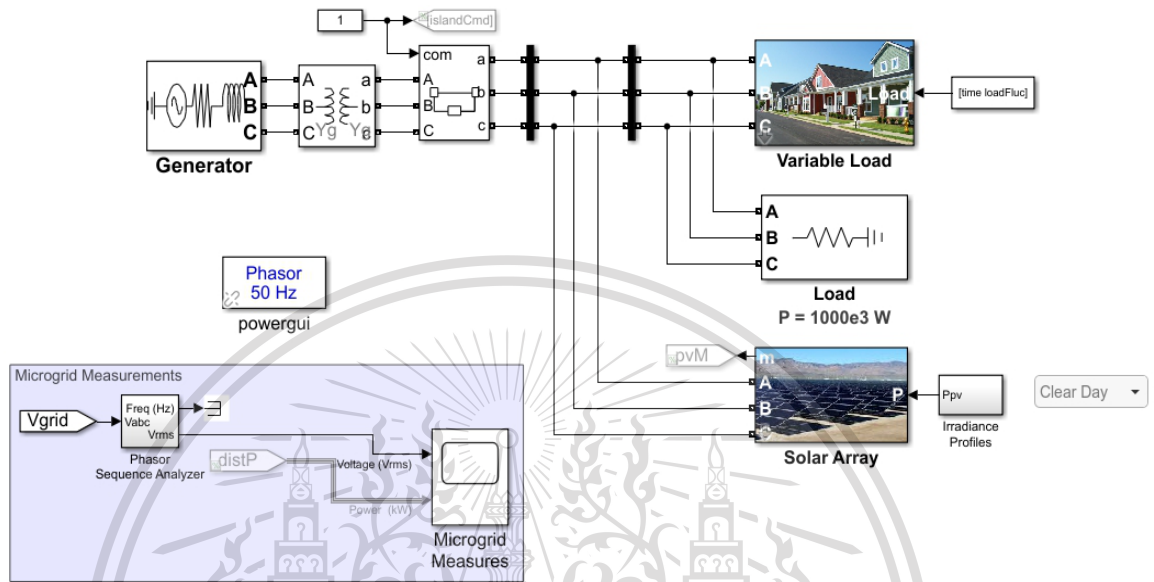
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ผลจากการจำลอง

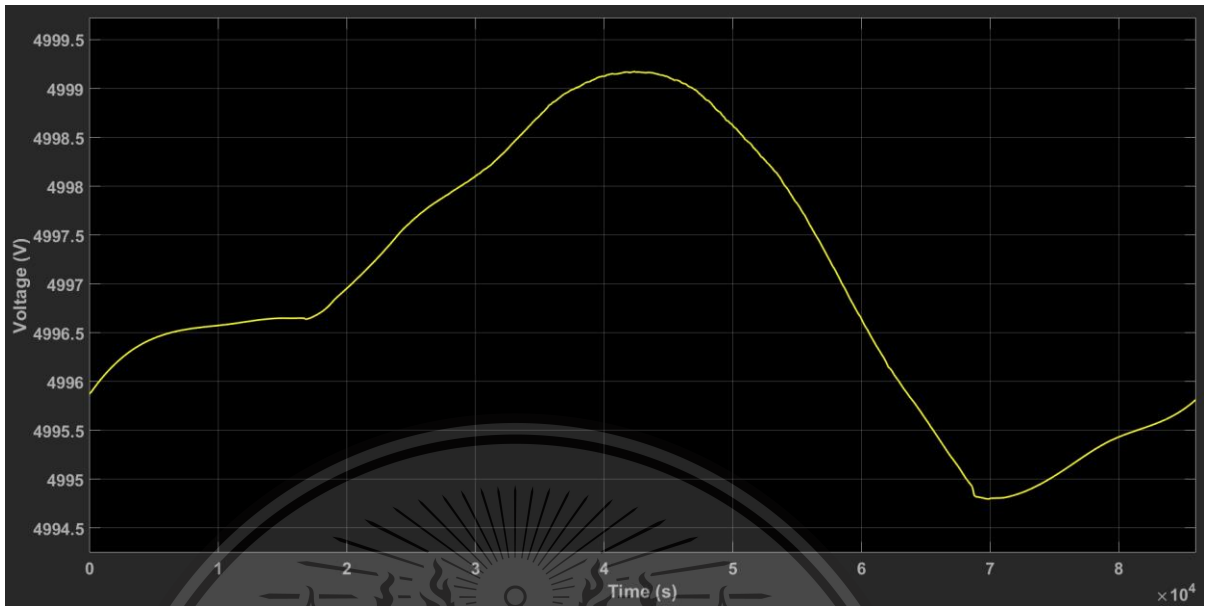


รูปที่ 4.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

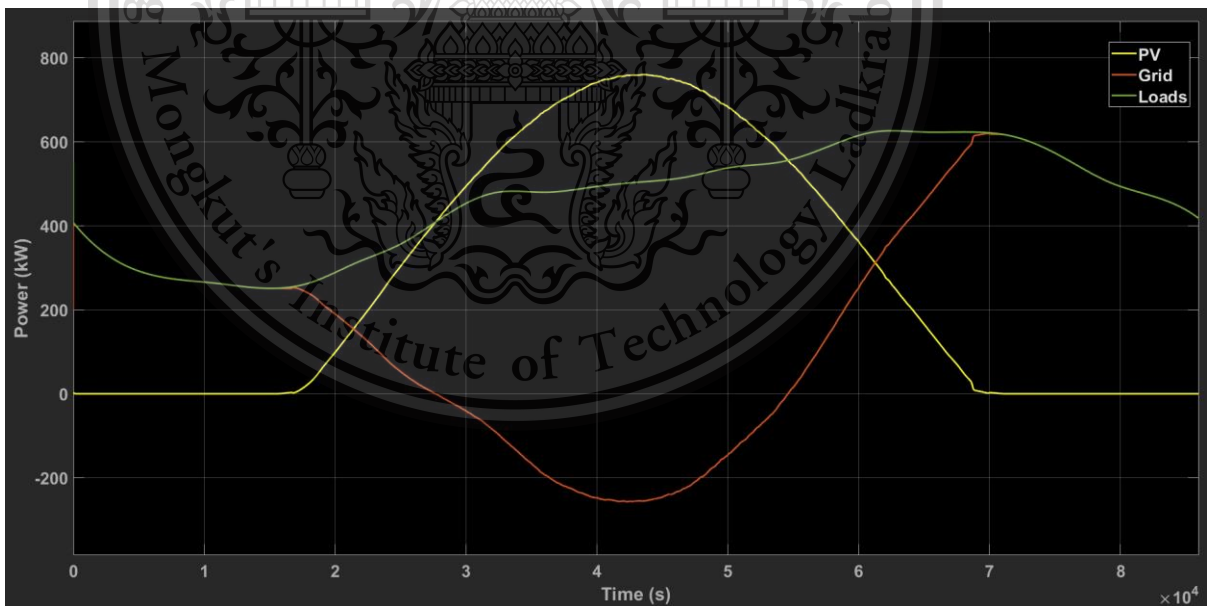
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.2 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 350 kW



รูปที่ 4.3 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 350 kW

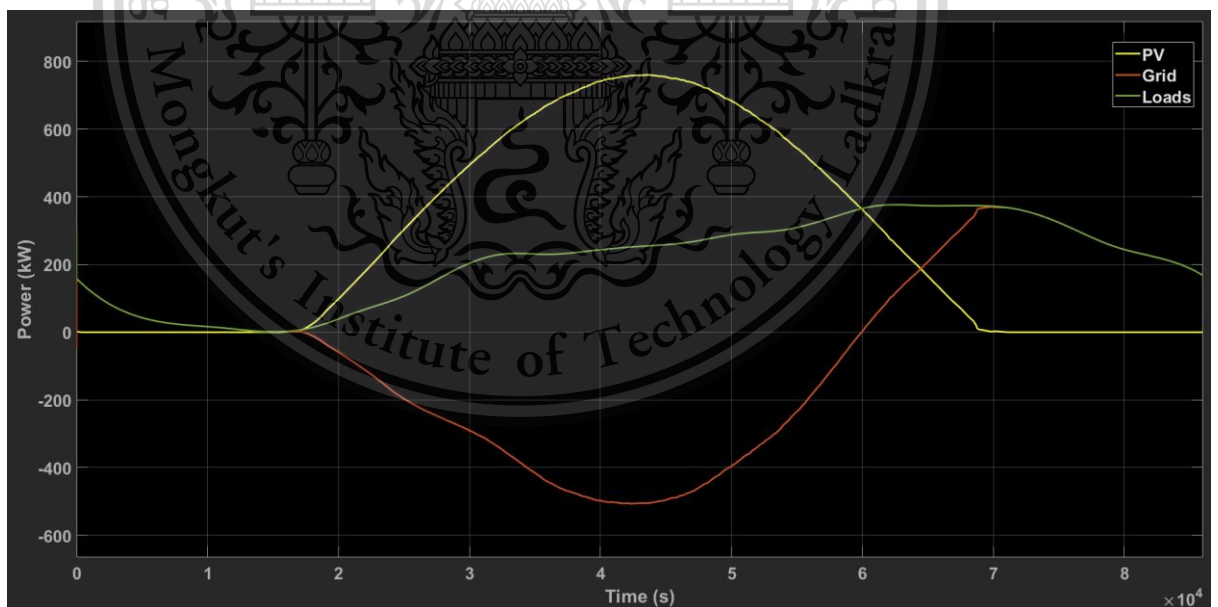
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.4 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 100 kW

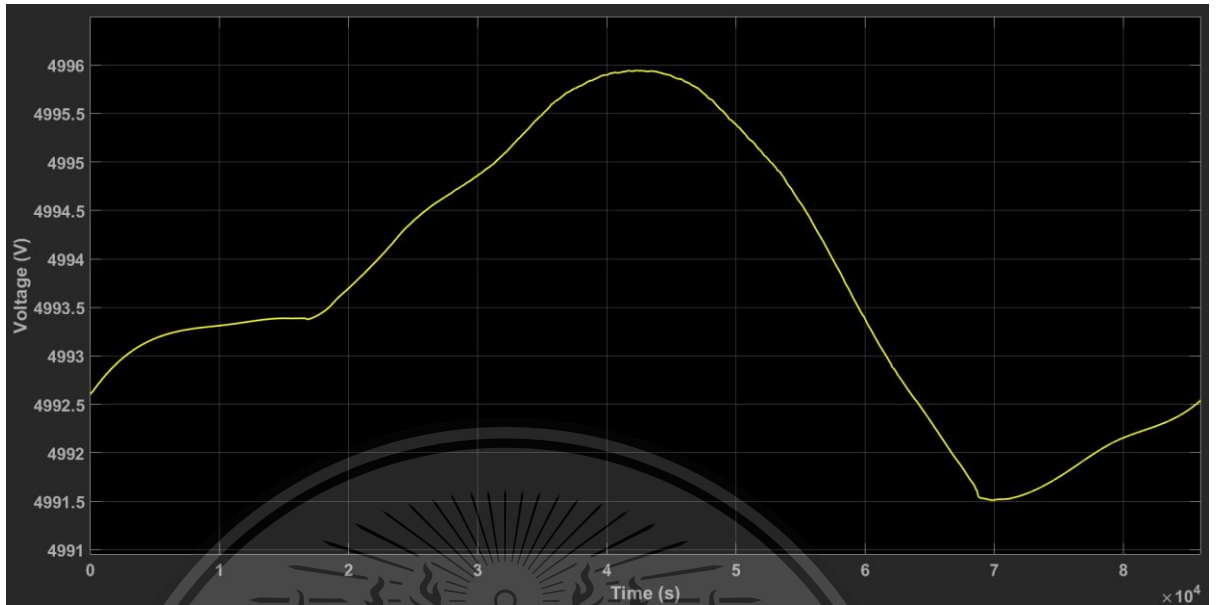


รูปที่ 4.5 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 100 kW

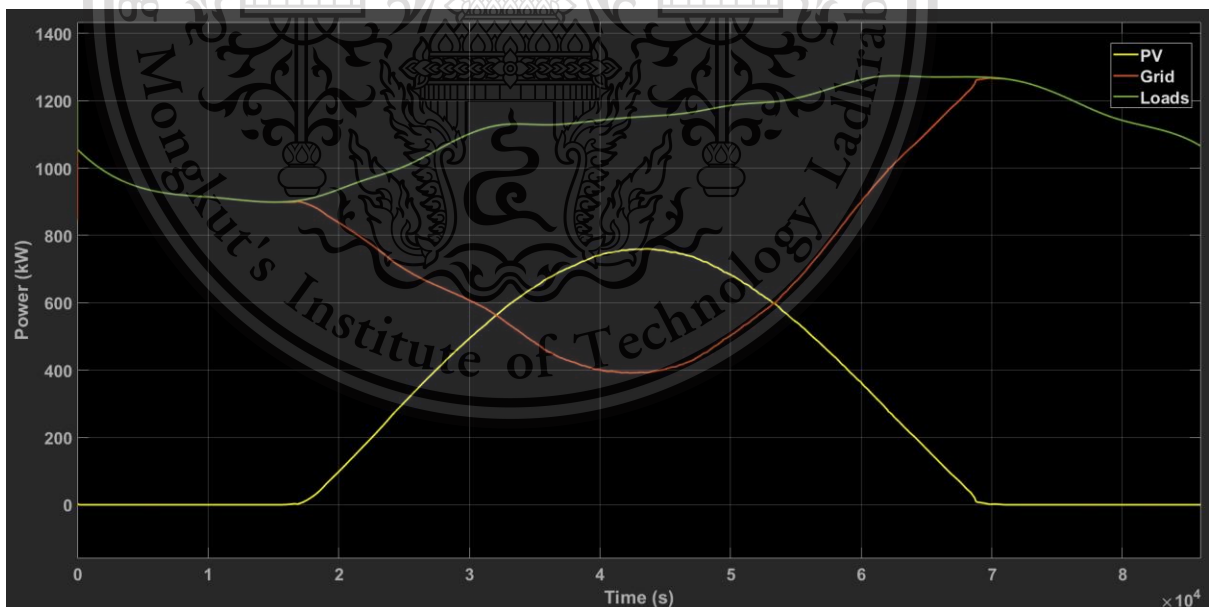
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.6 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 1000 kW

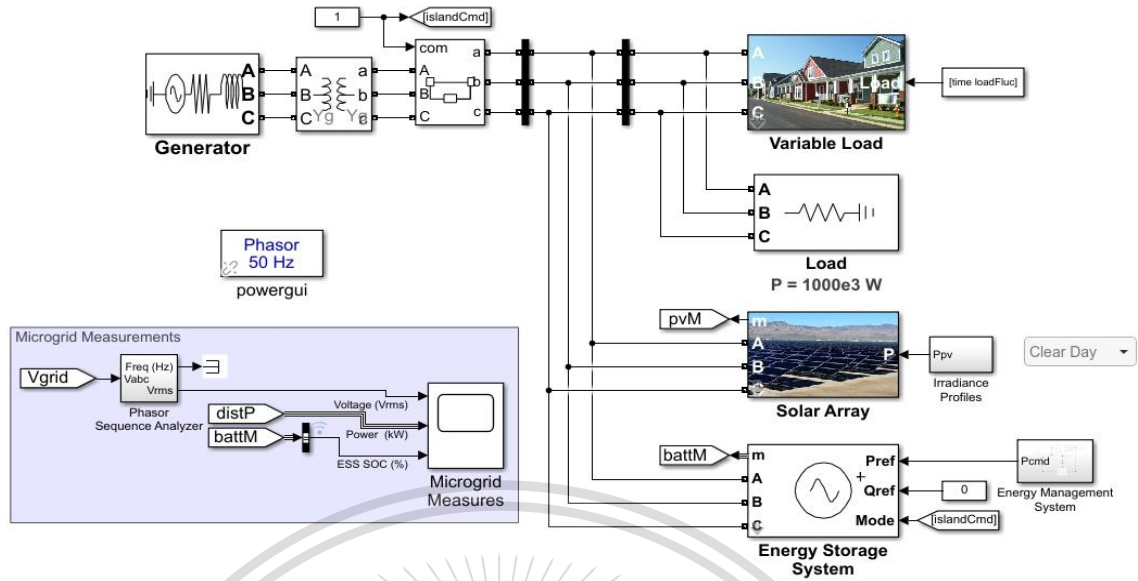


รูปที่ 4.7 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 1000 kW

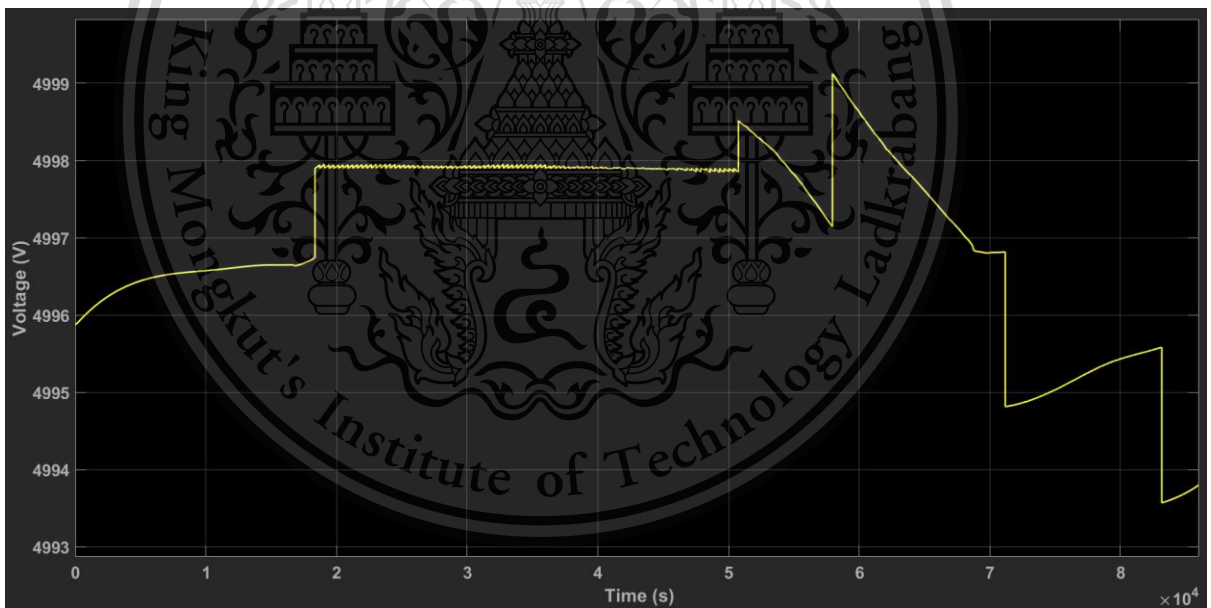
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

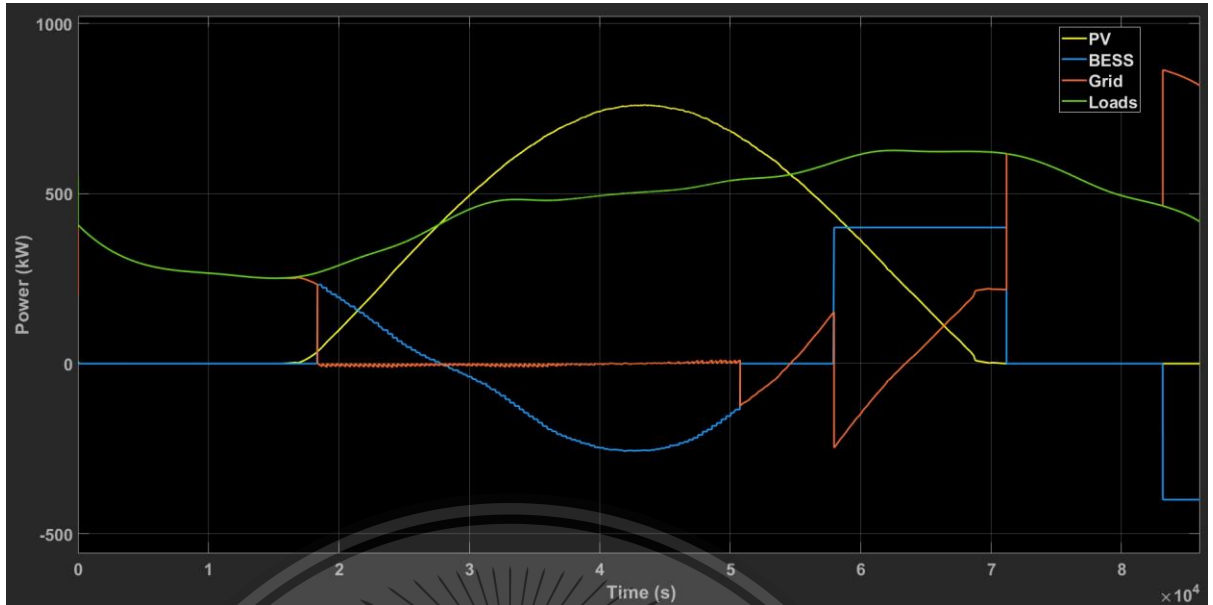


รูปที่ 4.9 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 350 kW

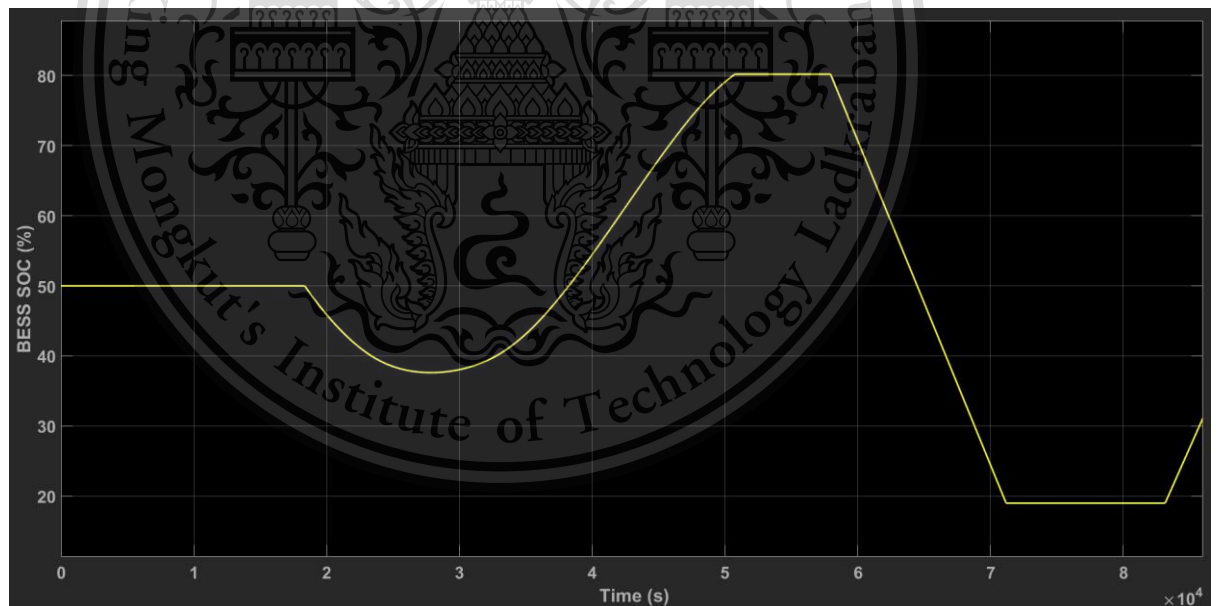
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.10 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 350 kW

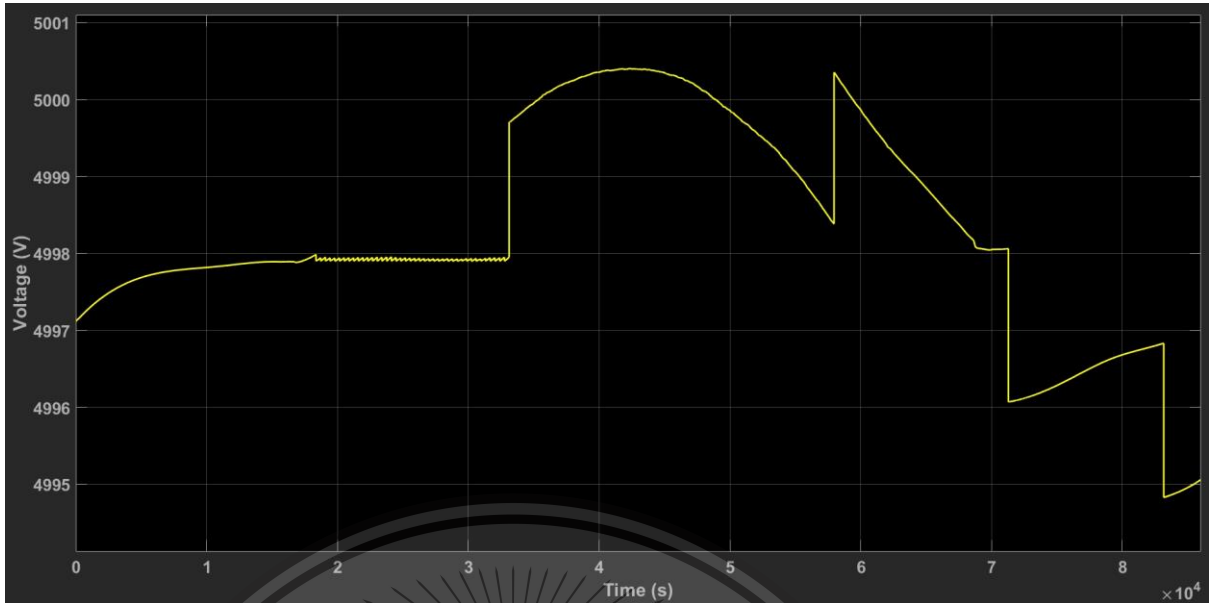


รูปที่ 4.11 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อโหลดขนาด 350 kW

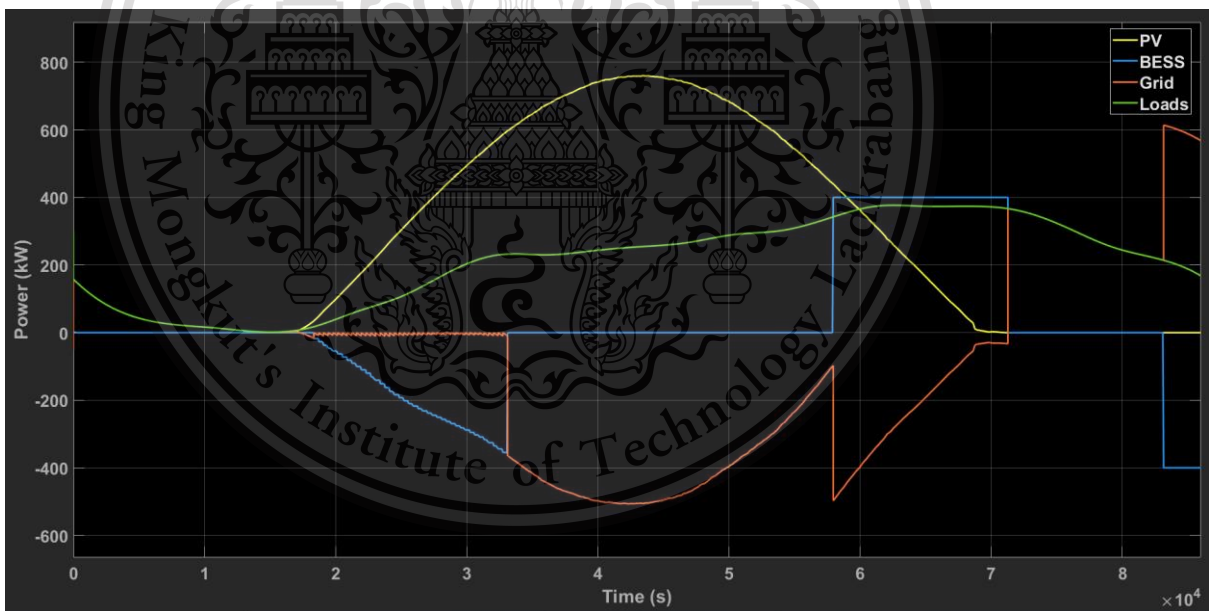
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.12 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 100 kW

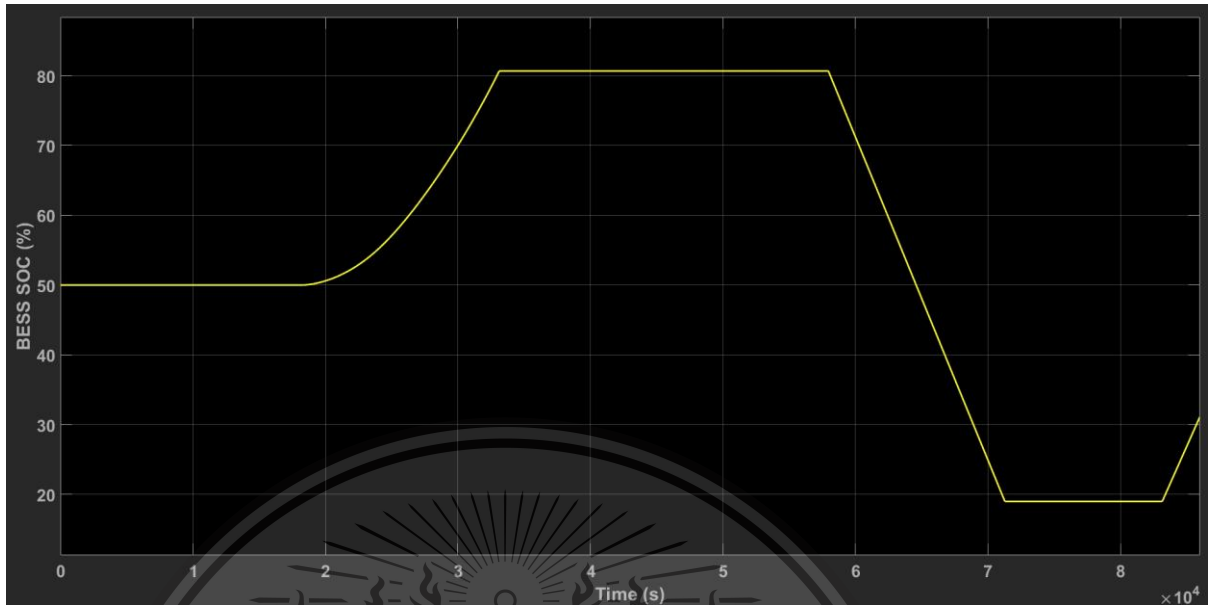


รูปที่ 4.13 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 100 kW

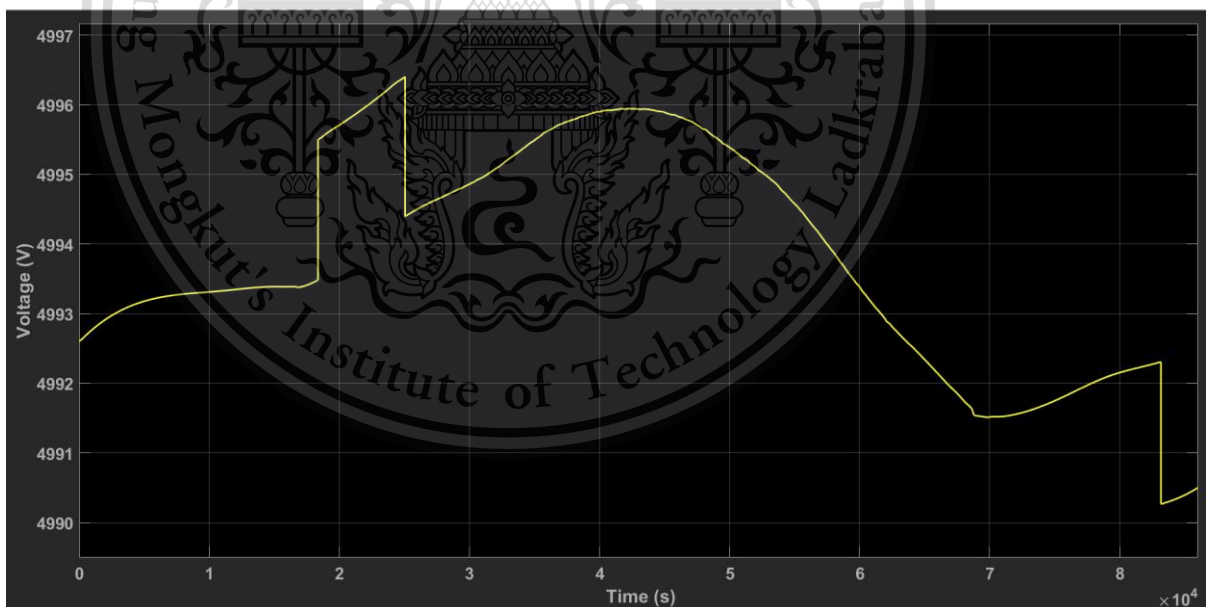
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.14 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อขนาด 100 kW

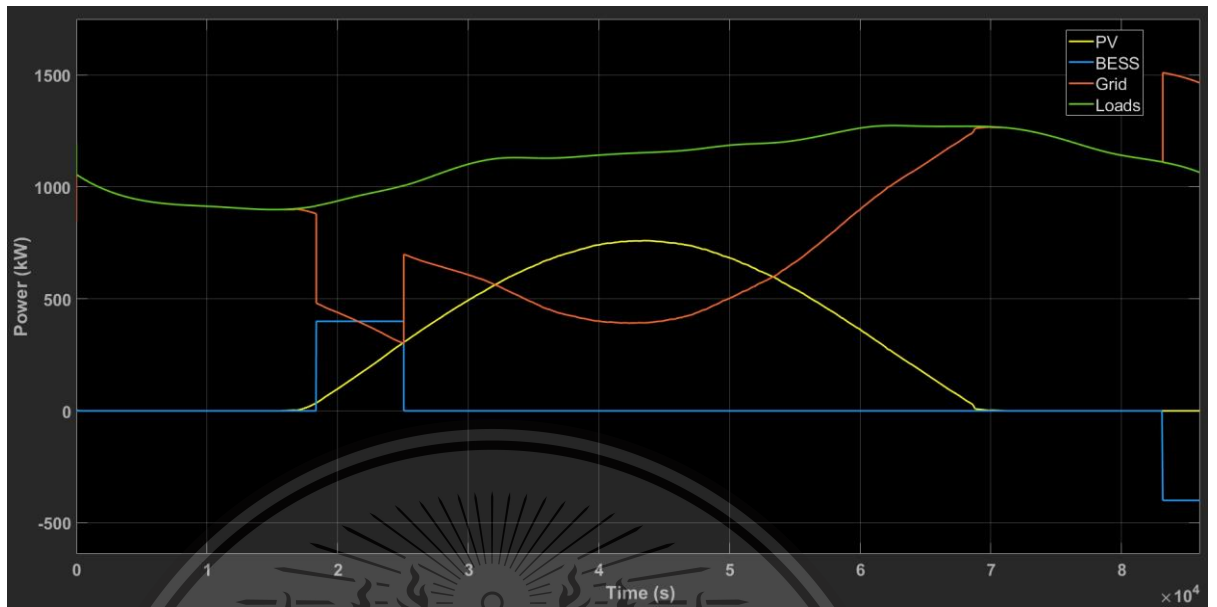


รูปที่ 4.15 กราฟแรงดันเมื่อโหลดขนาด 1000 kW

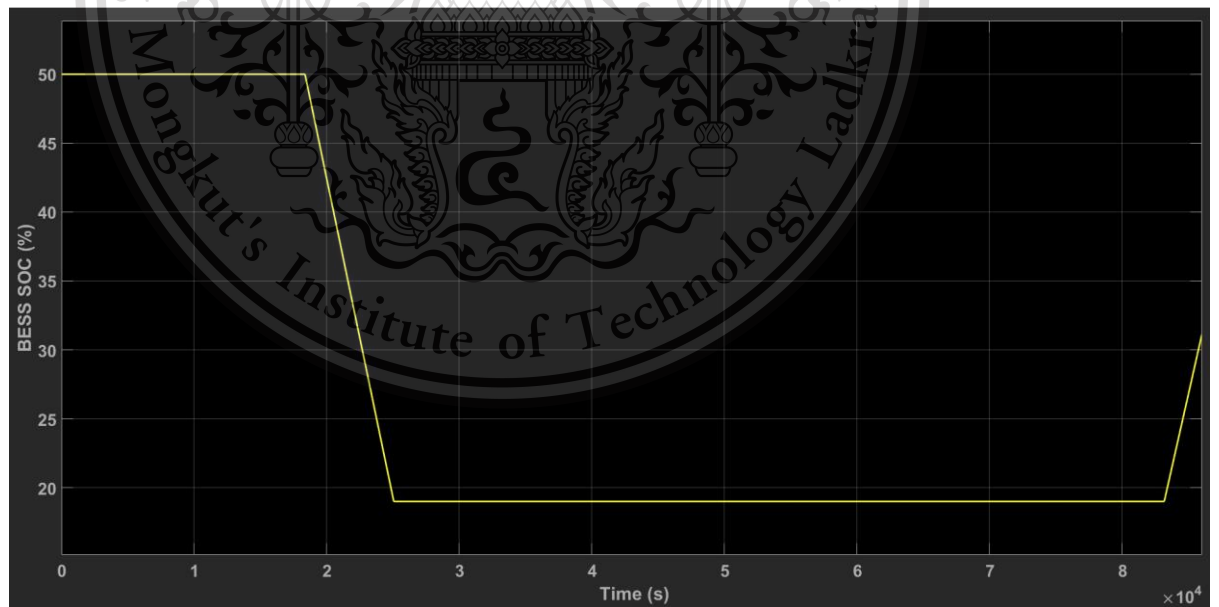
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.16 กราฟกำลังเมื่อโหลดขนาด 1000 kW



รูปที่ 4.17 สถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเมื่อโหลดขนาด 1000 kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

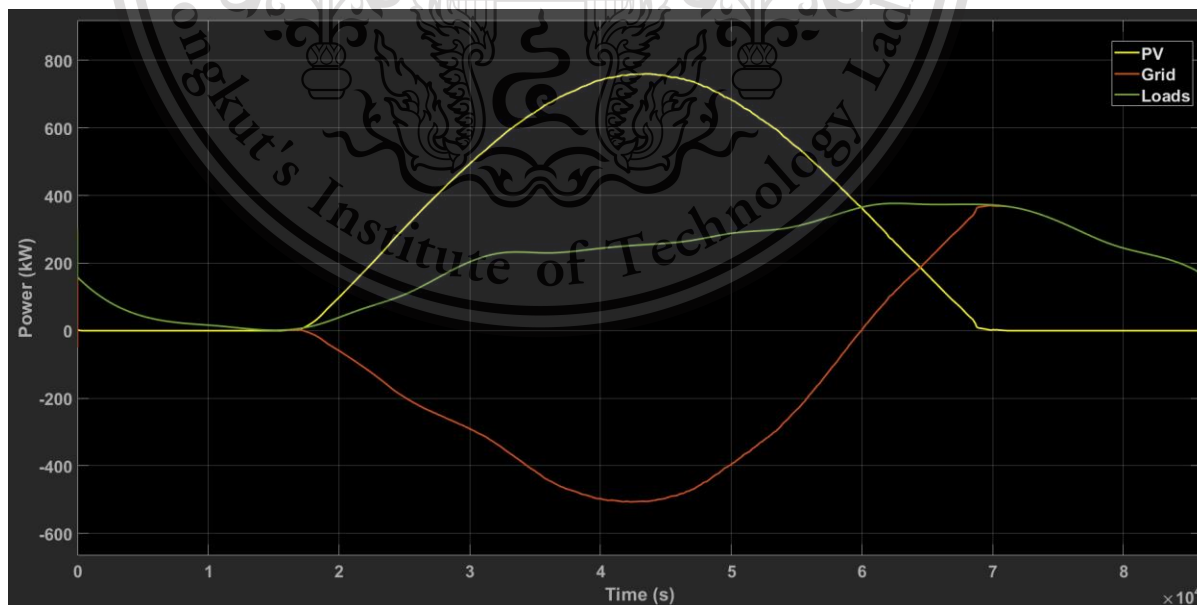
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 4 กรณีพบว่าซึ่งได้แก่กรณีที่มีสภาวะเจาะจงซึ่งมีโหลดมากและมีการจ่ายพลังงานได้น้อยและกรณีที่มีโหลดน้อยและจ่ายพลังงานได้มากเกินไปซึ่งทั้ง 2 สภาวะต่อไปนี้เป็นสภาวะที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ของระบบได้หากมีความต่างอย่างมากระหว่างพลังงานที่โหลดต้องการกับพลังงานที่แหล่งจ่าย สามารถจ่ายออกมาได้ มีผลทำให้แรงดันและค่าความถี่มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปโดยแปรผันตรงกับความต่างระหว่างพลังงานที่โหลดต้องการกับพลังงานที่แหล่งจ่ายหรือหมายความว่ายังมีการจ่ายได้ไม่เพียงพอกับโหลดหรือมีพลังงานที่จ่ายได้มากเกินไปซึ่งส่งผลต่อค่าแรงดันและค่าความถี่ของระบบซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ตามการตั้งสมมติฐานที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 นั้น เราจะได้ทำการเชื่อมต่อ BESS หรือ Battery Energy Storage System เข้าไปในระบบซึ่งจะสังเกตเห็นจากผลการทดลองในบทที่ 4 ว่า BESS จะสามารถช่วยจ่ายพลังงานที่เก็บไว้ให้แก่โหลดที่เกินออกมาได้และสามารถกักเก็บพลังงานส่วนเกินที่อาจเกิดขึ้นในบางช่วงเวลาได้ ซึ่งอาจขยายความผลการทดลอง ในบทที่ 4 ดังนี้

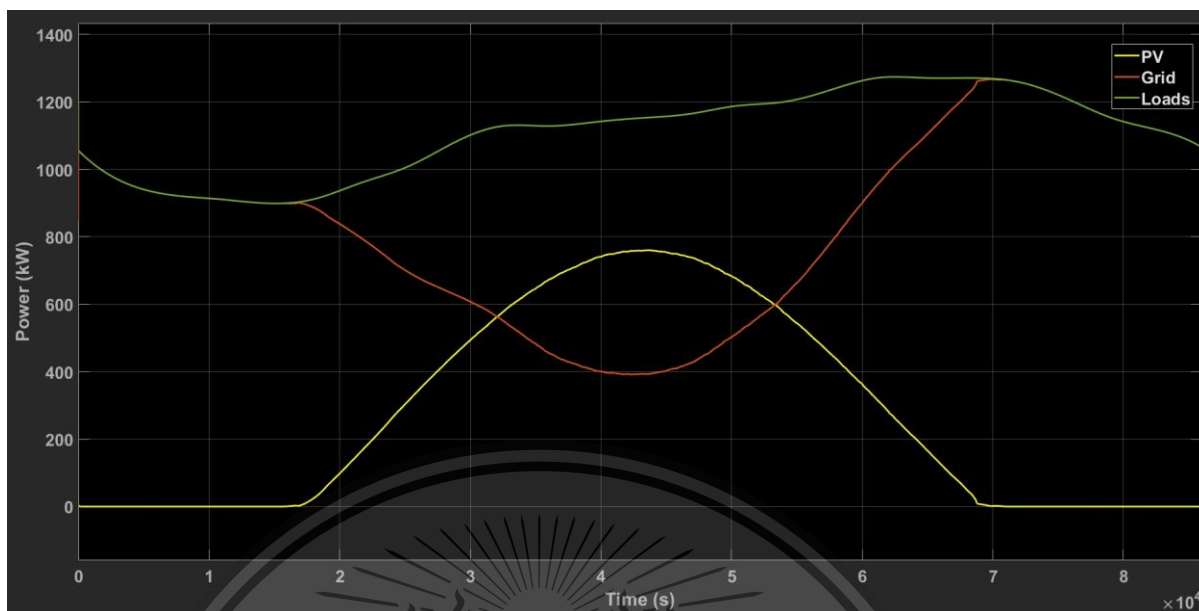


รูปที่ 5.1 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 5.2 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อย

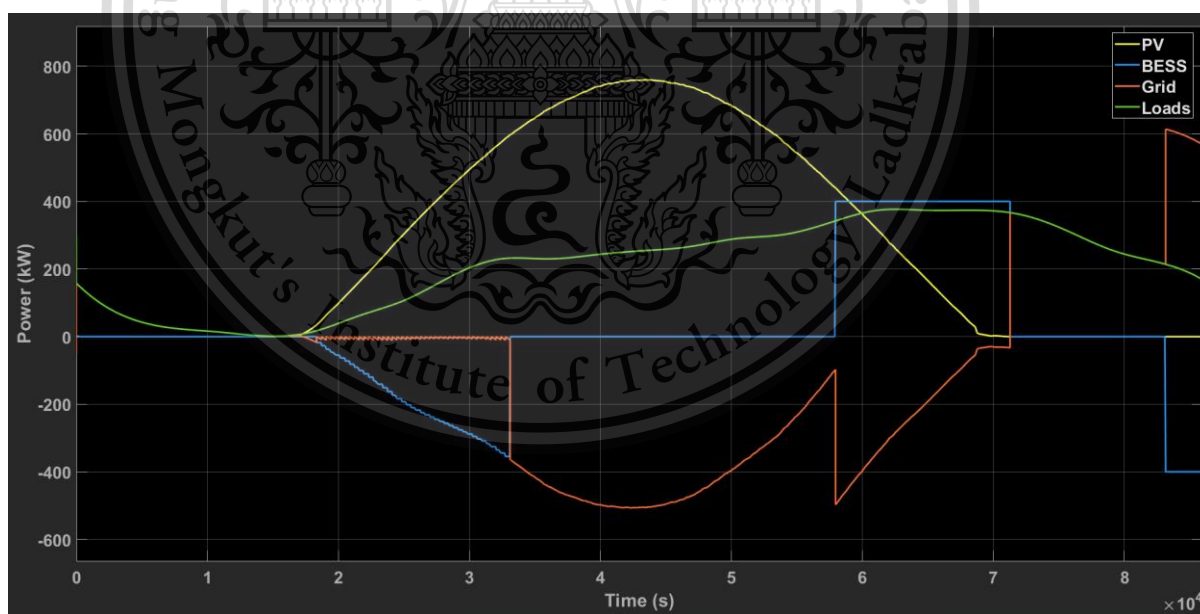
จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 ซึ่งเป็นกราฟในกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้ง 2 กรณีตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งได้แสดงถึงกราฟของกำลังที่จุดเชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งได้แก่ที่ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง), ที่ Loads (กราฟเส้นสีเขียว) และที่ Grid (กราฟเส้นสีแดง) ซึ่งในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมากนั้นจะเห็นว่า Loads (กราฟเส้นสีเขียว) นั้นมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) ซึ่งพลังงานส่วนเกินนั้นก็คือพลังงานส่วนเกินซึ่งอาจเกิดขึ้นในตอนช่วงเช้าซึ่งเป็นช่วงเวลา ที่ Solar PV สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากเพราะว่าเป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงมากเพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และช่วงเช้าเป็นช่วงเวลาที่ยังมีการใช้ไฟฟ้าน้อยหรือก็คือโหลดที่เป็น Variable Load มีค่าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่มีการผลิตออกมาได้นั่นเอง ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าของ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) มีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าของ Loads (กราฟเส้นสีเขียว) หรือก็คือเป็นการที่มีพลังงานเกินของระบบไฟฟ้านั้นเอง ซึ่งส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ Grid (กราฟเส้นสีแดง) ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระหว่างจุดต่างๆ ของทุกองค์ประกอบของระบบซึ่งจะเห็นได้ว่ามีกำลังที่มีค่าติดลบเกิดขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าการดึงพลังงานจาก Solar PV เข้าสู่ระบบไฟฟ้า ซึ่งจากพลังงานส่วนเกินที่เข้าไฟใน Grid นั้นเองส่งผลให้ค่าแรงดันของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจาก Nominal Voltage รวมถึงความถี่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งยังมีพลังงานส่วนเกินมากขึ้นจาก Solar PV มีผลทำให้แรงดันของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจาก Nominal Voltage รวมถึงความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากจนอาจส่งผลต่อเสถียรภาพ

เอกสารนี้เป็นของระบบได้งานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ในกรณีที่มิโหลตมากแต่มีการจ่ายพลังงานได้น้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการนั้นจะเห็นว่า Loads (กราฟเส้นสีเขียว) นั้นมีค่ามากเมื่อเทียบกับ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) ซึ่งพลังงานที่หายไปหรือไม่เพียงพอต่อการจ่ายให้กับ Loads นั้นก็คือ ในช่วงเวลาที่เป็นช่วงเย็นหรือบ่ายซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือ Variable Load มีค่ามากแต่ว่าไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV นั้นมีค่าน้อยกว่าความต้องการไฟฟ้าส่งผลให้เกิดกรณีซึ่งมีความต้องการใช้พลังงานมากแต่ไม่สามารถจ่าย Loads ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) มีค่าน้อยกว่า Loads (กราฟเส้นสีเขียว) หรือก็คือเป็นการที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของระบบ ซึ่งส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ Grid (กราฟเส้นสีส้ม) ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระหว่างจุดต่างๆของทุกองค์ประกอบของระบบซึ่งจะเห็นได้ว่าการลดลงของกำลังไฟฟ้าที่ Grid ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานหรืออาจกล่าวได้ว่าการดึงพลังงานจาก Solar PV เข้าสู่ระบบไฟฟ้าแต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ ซึ่งจากพลังงานที่ไม่เพียงพอนี้เองส่งผลให้ค่าแรงดันของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจาก Nominal Voltage รวมถึงความถี่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งยังมีพลังงานที่ไม่เพียงพอต่อการจ่าย Load Solar ของ PV มีผลทำให้แรงดันของระบบไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจาก Nominal Voltage รวมถึงความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากจนอาจส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบได้

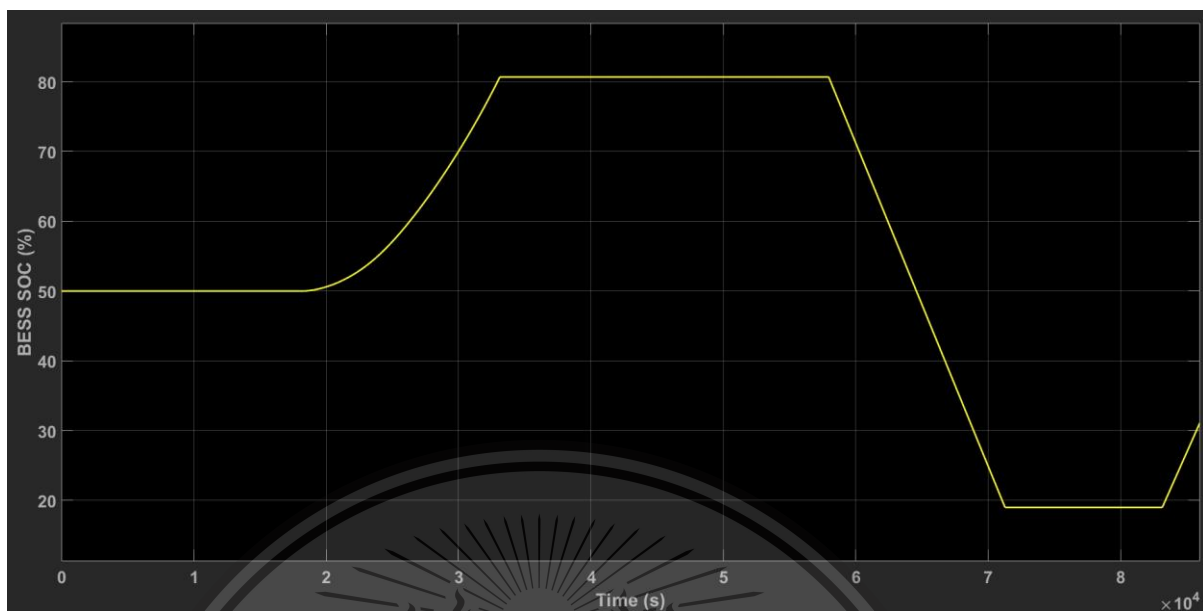


รูปที่ 5.3 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มิโหลตน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมากและมี การเชื่อมต่อกับ BESS

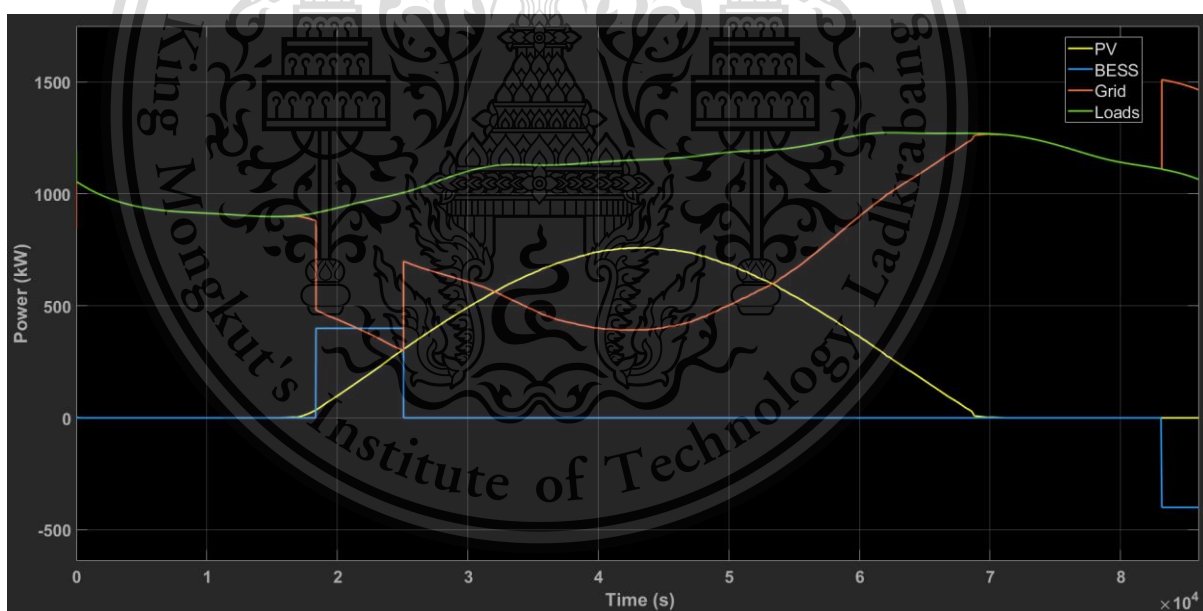
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 5.4 แสดงสถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน ในกรณีที่มีโหลดน้อยแต่มีการจ่ายพลังงานมาก



รูปที่ 5.5 แสดงกำลัง ณ จุดเชื่อมต่อต่างๆ ในกรณีที่มีโหลดมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อยและมีการเชื่อมต่อกับ BESS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 5.6 แสดงสถานะประจุของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน ในกรณีที่มิโหลตมากแต่มีการจ่ายพลังงานน้อย

จากรูปที่ 5.3 และ 5.5 ซึ่งเป็นกราฟในกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้ง 2 กรณีตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งได้แสดงถึงกราฟของกำลังที่จุดเชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งได้แก่ที่ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง), ที่ Loads (กราฟเส้นสีเขียว), Grid (กราฟเส้นสีส้ม) และ BESS (กราฟเส้นสีฟ้า) ซึ่งในกรณีที่มิโหลตน้อย แต่มีการจ่ายพลังงานมากและมีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) มีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ Loads ต้องการใช้หรือก็คือมีพลังงานส่วนเกินเกิดขึ้นในระบบนั่นเองแต่เมื่อมีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าเป็นส่วนเกินมาจากการผลิตกำลังไฟฟ้าเกินจาก Solar PV นั้นได้ถูกกักเก็บไว้โดย BESS ซึ่งส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในระบบหรือตรง Grid มีความเปลี่ยนแปลงดังที่แสดงผลในกราฟซึ่งจะเห็นได้ว่าการกักเก็บกำลังไฟฟ้าซึ่งแบ่งมาจาก Grid ให้แก่ BESS ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟของ BESS SOC (%) ซึ่งในช่วงแรกที่กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับกำลังไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับ Load ยังมีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่ยังคงมีค่าคงตัวอยู่แต่ทันทีที่มีความแตกต่างกันระหว่างกำลังกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จาก Solar PV และกำลังไฟฟ้าที่ Loads ต้องการจะทำให้เปอร์เซ็นต์แบตเตอรี่เพิ่มขึ้นหรือก็คือมีการชาร์จพลังงานส่วนเกินเข้าไปยังตัวของ BESS จนถึงค่าที่ปรับตั้งไว้ว่ากักเก็บได้จนถึงที่เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเมื่อกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจาก Solar PV มีค่าลดลงน้อยกว่าความต้องการจะเห็นได้ว่าจะมีการช่วยจ่ายพลังงานจาก BESS

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.

ซึ่งในกรณีที่มีโหลดมาก แต่มีการจ่ายพลังงานน้อยกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าและมีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ Solar PV (กราฟเส้นสีเหลือง) มีค่าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ Loads ต้องการใช้หรือก็คือมีกำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการใช้งานนั่นเองแต่ถ้าเมื่อมีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปในระบบนั้นจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าซึ่งไม่เพียงพอต่อการจ่าย Load นั้นได้ถูกแก้ไขได้โดยตัว BESS ได้ช่วยจ่ายโหลดที่มากกว่าการผลิตจาก Solar PV ซึ่งส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในระบบหรือตรง Grid มีความการเปลี่ยนแปลงดังที่แสดงผลในกราฟซึ่งจะเห็นได้ว่าการช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งแบ่งมาจาก Grid โดย BESS ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟของ BESS SOC (%) ซึ่งในช่วงแรกที่กำลังไฟฟ้าที่กักเก็บไว้โดย BESS ซึ่งมีการกักเก็บไว้ที่ 50 % เมื่อถึงช่วงที่มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามากเกิดขึ้นส่งผลให้เกิดการช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าจนลดลงมาถึงค่าที่กำหนดแล้วจึงหยุดการจ่ายกำลังไฟฟ้า

จากการต่อแบตเตอรี่เข้าไปยังกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้ง 2 จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่แบบ Compound ที่ได้ใช้ในการทดลองนี้ทำให้เกิดการช่วยจ่ายโหลดในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการและช่วยกักเก็บพลังงานได้ในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากเกินไปเกินกว่าความต้องการ ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ของระบบมากเกินไปจนส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบแต่ว่าในการทดลองนี้ได้ใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดไม่ได้ใหญ่มากจึงไม่ได้เห็นภาพอย่างชัดเจนในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการและกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากเกินไปเกินกว่าความต้องการแต่ก็เพียงพอที่จะสรุปถึงผลของ BESS ต่อกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงดังกล่าวได้

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 5.1 ตารางเปรียบเทียบกรณีศึกษาในกรณีต่างๆ

| | ภาระทางไฟฟ้ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ | | ภาระทางไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ | |
|------------------------------------|---|--|--|--|
| | ไม่ได้เชื่อมต่อ BESS | เชื่อมต่อ BESS | ไม่ได้เชื่อมต่อ BESS | เชื่อมต่อ BESS |
| กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจาก Solar PV | ไม่เพียงพอต่อการจ่ายโหลด | ไม่เพียงพอต่อการจ่ายโหลด | กำลังไฟฟ้าเกินกว่าความต้องการ | กำลังไฟฟ้าเกินกว่าความต้องการ |
| ภาระทางไฟฟ้า | มากกว่ากำลังการผลิต | มากกว่ากำลังการผลิต | ปกติ | ปกติ |
| กำลังไฟฟ้าที่ Grid | ถูกดึงกำลังไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด | ช่วงที่BESSทำงาน กำลังไฟฟ้าที่ Grid ไม่เปลี่ยนแปลง จนกระทั่ง BESS จ่ายกำลังไฟฟ้าจนค่า SOC(%) ลดลงจนถึงค่าปรับตั้ง ช่วงที่BESSหยุดทำงาน ถูกดึงกำลังไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด | เกิดกำลังไฟฟ้าส่วนเกินขึ้นที่ Grid | ช่วงที่BESSทำงาน กำลังไฟฟ้าที่ Grid ไม่เปลี่ยนแปลง จนกระทั่ง BESS ก็กักเก็บกำลังไฟฟ้าจนค่า SOC(%) เพิ่มขึ้นจนถึงค่าปรับตั้ง ช่วงที่BESSหยุดทำงาน เกิดกำลังไฟฟ้าส่วนเกินขึ้นที่ Grid |
| รูปแบบการทำงานของ BESS | - | แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า | - | กักเก็บกำลังไฟฟ้า |
| การเปลี่ยนแปลงของ SOC (%) ของ BESS | - | ลดลงจนถึงค่าปรับตั้ง | - | เพิ่มขึ้นจนถึงค่าปรับตั้ง |

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.

จากตารางเปรียบเทียบกรณีศึกษาจะเห็นได้ว่าทั้งกรณีภาระทางไฟฟ้ามากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ และกรณีภาระทางไฟฟ้าน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ทั้ง 2 กรณีนั้นเมื่อไม่ได้มีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปยังระบบไฟฟ้าจะทำให้เมื่อมีกำลังไฟฟ้ามากเกินไปอันเนื่องมาจากการผลิตกำลังไฟฟ้ามากกว่าความต้องการของ Solar PV จะทำให้กำลังไฟฟ้าส่วนเกินถูกสะสมที่ Grid ซึ่งช่วงเวลานี้เองเมื่อระบบมีกำลังไฟฟ้าส่วนเกินที่มากอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและความถี่ของระบบไฟฟ้าได้ซึ่งส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ โดยจะขึ้นอยู่กับว่ากำลังไฟฟ้าส่วนเกินดังกล่าวว่ามากน้อยเพียงใด และกรณีเมื่อกำลังไฟฟ้าไม่พอจ่าย Loads ก็เช่นเดียวกัน ในกรณีจะเป็นการดึงไฟฟ้าที่ Grid ทำให้อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและความถี่ของระบบไฟฟ้าได้ซึ่งส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ โดยจะขึ้นอยู่กับว่าโดนดึงกำลังไฟฟ้าจาก Grid มากน้อยเพียงใด แต่ถ้ามีการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปยังระบบไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าในกรณีเมื่อมีกำลังส่วนเกินในระบบ BESS จะมีการช่วยกักเก็บกำลังไฟฟ้าจากระบบ ทำให้ช่วงเวลาที่ BESS ยังกักเก็บกำลังไฟฟ้าเข้าจากระบบจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ Grid กำลังไฟฟ้าส่วนเกินไม่ได้ถูกสะสมที่ Grid มากเท่ากับตอนที่ไม่ได้ต่อ BESS เข้าไปในระบบ และในกรณีที่ Loads มากเกินกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ เมื่อทำการต่อ BESS เข้าไปในระบบจะเห็นว่า BESS จะช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าไปในระบบทำให้กำลังไฟฟ้าไม่ถูกดึงจาก Grid มากเท่ากับตอนที่ไม่ได้เชื่อมต่อ BESS ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า การเชื่อมต่อ BESS เข้าไปยังระบบไฟฟ้านั้นจะสามารถช่วยในเรื่องของการจัดการพลังงานแต่ละช่วงเวลาที่บางช่วงเวลาอาจจะมีกำลังการผลิตมากกว่าความต้องการ บางช่วงเวลามีความต้องการมากกว่ากำลังการผลิต ทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าจำนวนมากในระบบไฟฟ้าจนส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ของระบบซึ่งส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ ซึ่งการเชื่อมต่อ BESS เข้าไปในระบบก็ช่วยทั้งกักเก็บพลังงานส่วนเกิน และจ่ายกำลังไฟฟ้าเมื่อความต้องการมากกว่ากำลังการผลิต ซึ่งส่งผลดีต่อการรักษาเสถียรภาพของระบบในช่วงเวลาบางช่วงที่มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าของระบบอย่างมาก

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.

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในส่วนการจำลองการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานนั้น จะมีจัดการแค่ในส่วนของพลังงานหมุนเวียนที่เป็นพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น ควรมีการจำลองการจัดการพลังงานหมุนเวียนในรูปแบบอื่นๆ และเพิ่มกรณีศึกษาที่มีความเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

2. สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงการต้องขอ License ในการดาวน์โหลดและมีการกำหนดระยะเวลาการใช้งานที่สั้นเกินไป จึงทำให้การดำเนินงานเป็นไปได้ช้า จึงอยากให้ทางสถาบันได้มีการยืดระยะเวลาในการใช้งานโปรแกรมที่ยาวนานมากขึ้น

3. การใช้งานของระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานในประเทศไทยยังไม่แพร่หลาย เนื่องจากต้นทุนที่สูงเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุนและโอกาสการสร้างรายได้ในกิจการไฟฟ้ามีจำกัด

4. ในส่วนของการไฟฟ้ายังไม่มีการออกกฎระเบียบการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากำลังกับระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน มีเพียงระเบียบการเชื่อมต่อสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแบบกระจายศูนย์ (Distributed Generation : DG) เท่านั้น ความไม่ชัดเจนของกฎระเบียบนี้เองจะส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการลงทุนสำหรับผู้ที่จะติดตั้งระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานและเป็นอุปสรรคต่อการลงทุนและการสร้างธุรกิจรูปแบบใหม่ๆ เช่น การใช้ระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานควบคู่กับระบบ solar farm เพื่อขายไฟให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยกันเองในรูปแบบ peer-to-peer energy trading

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.

เอกสารอ้างอิง

- [1] กุลยศ อุดมวงศ์เสรี, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง 1, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.
- [2] พิชิต ล่ายอง, เครื่องจักรกลไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [3] ชำนาญ ห่อเกียรติ, ระบบไฟฟ้ากำลัง, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.
- [4] สุรินทร์ คำฝอย, ระบบพลังงานไฟฟ้า, กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2560.
- [5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2561 – 2580, กรุงเทพฯ : สำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน, 2563.
- [6] EGAT, แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน มิติใหม่การบริหารระบบไฟฟ้า กฟผ. Energy 4.0, นนทบุรี : สำนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560.
- [7] มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, โครงการศึกษาความเหมาะสมและแนวโน้มการส่งเสริมอุตสาหกรรมสำรองไฟฟ้าสำหรับโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ, กรุงเทพฯ, 2562.
- [8] M.Upasani and S.Patil, “Grid Connected Solar Photovoltaic System with Battery Storage for Energy Management” , IEEE, 2018.
- [9] Xiangjun Li and Shangxing Wang, “A review on energy management, operation control and application methods for grid battery energy storage systems” , CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2019, pp. 1-15.
- [10] H.Saadat, Power System Analysis, New York : McGraw-Hill. 1999.
- [11] F.B.Wu, B.Yang and J.L.Ye, Grid-scale Energy Storage System and Applications, Massachusetts : Academic Press. 2019.
- [12] P. C Sen, Principles of Electric Machines and Power Electronics, 2nd Ed. New York : Wiley Global Education, 2013.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ตามการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหา 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.

- [13] A.El mouatamid, R.Ouladsine, M.Bakhouya and N.El Kamoun, “Review of Control and Energy Management Approaches in Micro-Grid Systems”, **Energies** **2021**, **14**, **168**. pp. 1-30.



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.

การจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

ELECTRIC ENERGY MANAGEMENT WITH BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM

นายกัณฑ์ภณ ภาณี นายกิตติพงษ์ กิติ นายชลภัทร จู นายณัฐชนน คงสวัสดิ์ นายณัฐนันท์ ทอดหิบบ

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.นิรุช จิรสวรรณกุล รศ.ดร.สมชาติ จิรวិภากร

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: power@kmitl.com

บทคัดย่อ

ปฏิญานาพันธฉบับนี้นำเสนอเกี่ยวกับการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานเนื่องจากในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้พลังงานหมุนเวียนที่มากขึ้นโดยการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นผลมาจากความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาลดลงส่งผลให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้น รวมถึงนโยบายฉบับใหม่ของกระทรวงพลังงานที่อนุญาตให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถผลิตและขายไฟฟ้าคืนแก่กรไฟฟ้าได้เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนโดยแนวทางในการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ถูกผลิตมากขึ้น คือ การจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบแบตเตอรี่ ซึ่งในปฏิญานาพันธฉบับนี้จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น รวมไปถึงการติดตั้งระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังในอนาคตโดยที่ผลจากการผลิตและกักเก็บพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ทั่วไปสามารถส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังได้อย่างมีนัยสำคัญและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้นด้วยเหตุนี้เองจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาผลของปรากฏการณ์ดังกล่าวว่าจะส่งผลกระทบต่ออย่างไรต่อระบบไฟฟ้ากำลังในทิศทางใดซึ่งได้มีการจำลองเหตุการณ์ดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการจำลองปรากฏการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้ากำลังต้นแบบที่ได้มีการจำลองขึ้น

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์, การจัดการพลังงาน, ระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

Abstract

This project presents the Electric Energy Management with Battery Energy Storage System. Nowadays, renewable energy is a new trend since people need more electricity, and solar cell's price has

reduced. These cause general users easier to use along with the new policy that the Ministry of Energy has changed which allows them to generate and sell the excess electricity back to the Electricity Authority. This policy purpose is to increase renewable energy users, but this will cause more electricity in the power system. Thereby excess electricity will keep in a battery. This project will emphasize the effect when more solar cell and energy storage are installed, both will affect the power system in the future. Generating and keeping electricity of the general user significantly affect power system, and the renewable energy trend is considerably increasing in a short time. Therefore, study about the effect and direction of the phenomenon is necessary. MATLAB Simulink is using for simulated the anticipate phenomenon that will happen with the real power system.

Keywords : Solar cell, Electric Energy Management, Battery Energy storage system

1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน โดยทั่วไปยังคงมีลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบ ถ่านหินเป็นหลักแต่ด้วยปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและสภาวะโลกร้อนจึงได้มีการนำพลังงานหมุนเวียนเข้ามาใช้มากขึ้นทำให้ระบบไฟฟ้าในอนาคตมีความแตกต่างจากระบบแบบดั้งเดิมในอดีตอย่างมาก ซึ่งพลังงานหมุนเวียนที่นิยมมากในประเทศไทยรูปแบบหนึ่ง คือ พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แสงสามารถส่องถึงได้ตลอดทั้งปี รวมทั้งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ทำให้ต้นทุนของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงอย่างต่อเนื่อง โดยแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ

แผงเซลล์มีความผันผวนตามสภาพอากาศเนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจาก

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

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

ระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรตามปริมาณแสงที่ตกกระทบบนแผง ดังนั้นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงผลิตไฟฟ้าที่มีความผันผวนตลอดเวลา 24 ชั่วโมง รวมทั้งความไม่แน่นอนในแต่ละวัน สัปดาห์ หรือเดือนด้วยตามสภาพอากาศในแต่ละช่วงของปี ซึ่งจะมีความแตกต่างจากพฤติกรรมของโรงไฟฟ้าปกติ ในปัจจุบันที่การไฟฟ้าสามารถวางแผนได้อย่างแน่นอนและควบคุมการผลิตได้ตามต้องการ โดยไม่มีความผันผวนเลย จึงต้องมีวิธีการจัดการกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในระบบมากขึ้น โดยพยากรณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อที่จะได้เตรียมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า สามารถรองรับความผันผวนในระยะยาวได้อย่างเพียงพอ ส่วนความผันผวนในระยะสั้นที่รวดเร็วจะจัดการ โดยใช้ระบบกักเก็บพลังงานมาช่วยในการจัดการในระบบได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System)

ระบบกักเก็บพลังงานเป็นเทคโนโลยีใดก็ตามที่สามารถกักเก็บพลังงานได้ทีผลิตในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อนำออกมาใช้ตอบสนองต่อความต้องการในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้ จะเห็นว่าระบบกักเก็บพลังงานมีหลายหลายประเภทที่มีคุณสมบัติดังกล่าวตามตารางที่ 2.1

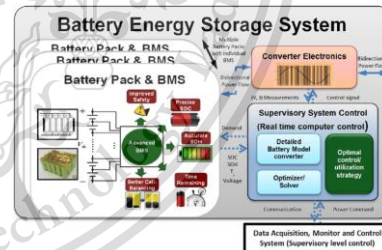
ตารางที่ 2.1 สรุปเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานสำคัญในแต่ละประเภท

| รูปแบบการกักเก็บ | ตัวอย่างเทคโนโลยี |
|--|--|
| พลังงานกล (Mechanical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> Pumped-Storage Hydro (PSH) Compressed Air Energy Storage (CAES) Liquid Air Energy Storage (LAES) Flywheels (FW) |
| พลังงานความร้อน (Thermal Energy) | <ul style="list-style-type: none"> Thermo-Chemical Sensible Thermal Latent Thermal |
| พลังงานเคมี (Chemical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> Hydrogen Storage (H) Substitute Natural Gas (SNG) |
| พลังงานไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> Lead-Acid Batteries (L/A) Sodium-Sulfur Batteries (NaS) Lithium-ion Batteries (Li-ion) Redox Flow Batteries |
| พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) | <ul style="list-style-type: none"> Super-capacitors Superconducting Magnetic Storage (SMES) |

ในส่วนของโครงการนี้จะกล่าวถึงระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่ ซึ่งจะใช้ปฏิกิริยาทางเคมีในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีหลากหลายรูปแบบและคุณลักษณะของเทคโนโลยีต่างๆจะขึ้นอยู่กับวัสดุและสารเคมีที่ใช้ ซึ่งเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานประเภทอื่นๆ จะขอไม่กล่าวถึงโดยนำเสนอแค่ระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบแบตเตอรี่มาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังโดยมีการติดตั้งและถูกเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้ากำลัง โดยจุดประสงค์หลักที่นำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง คือ เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีความไม่แน่นอนสูงที่ทำให้ระบบไฟฟ้ากำลังยังคงมีความมั่นคงและมีความน่าเชื่อถือได้สูง

2.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

1. ระบบ Battery Management System (BMS) จะมีหน้าที่ในการป้องกันความเสียหายของแบตเตอรี่จากการที่ปริมาณแรงดันและกระแสไฟฟ้ามากเกินไป อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการยืดอายุการใช้งานอีกด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ระบบ BMS มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเซลล์แบตเตอรี่โดยทั่วไปจะมีพิกัดแรงดันที่ต่ำ การนำมาใช้จริงจึงต้องนำมาหลายๆ เซลล์คือเข้าด้วยกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดันตามความต้องการของการใช้งานแต่ละแบบ ปัญหาคือขั้นตอนการผลิตเซลล์ในโรงงานมักมีความคลาดเคลื่อนจึงส่งผลให้บางเซลล์ที่อัดประจุได้เต็มก่อน และบางเซลล์ที่ปล่อยประจุหมดก่อน ดังนั้น ระบบ BMS จึงมีหน้าที่ปรับแรงดันของแต่ละเซลล์ (State of charge) ให้เท่ากัน ในทุกรอบเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่

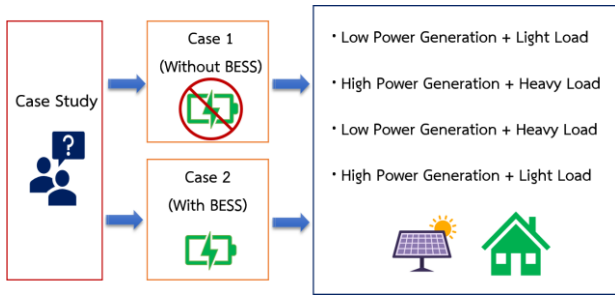
2. Inverter และ converter ที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง โดย Inverter แปลงจากไฟฟ้า DC เป็น AC และ converter แปลงจากไฟฟ้า AC เป็น DC ซึ่งลักษณะการทำงานคล้ายๆ กันกับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แต่แตกต่างกันตรงที่ในกรณีของระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่กำลังไฟฟ้าจะไหลได้สองทิศทาง หากอยู่ในโหมดคายประจุ Inverter จะจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับในลักษณะที่ทำให้กำลังไฟฟ้าไหลเข้าไปในระบบของการไฟฟ้า ในทางตรงกันข้ามหากอยู่ในโหมดอัดประจุแบตเตอรี่ ตัว Inverter จะดึงกำลังไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าเข้ามาเก็บในแบตเตอรี่แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่าย หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

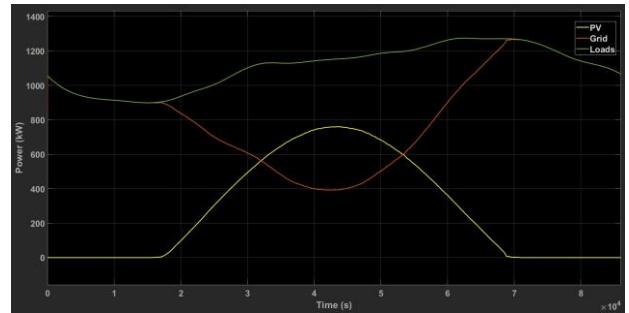
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3. ผลการจำลอง

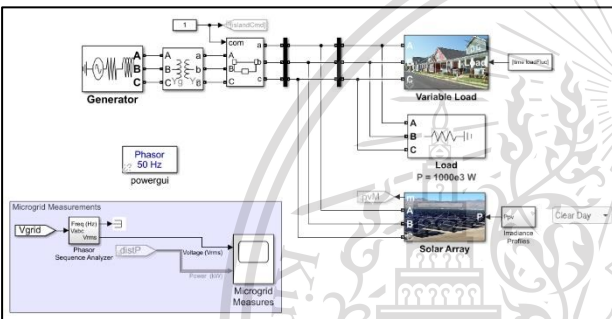


รูปที่ 2 กรณีศึกษาที่ทำการจำลอง



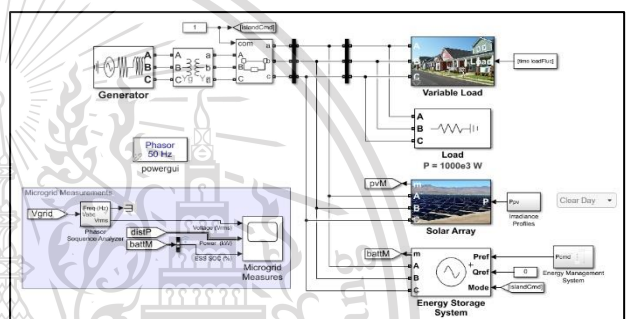
รูปที่ 6 สภาวะโหลดมากขนาด 1,000 kW

3.1 ผลการจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

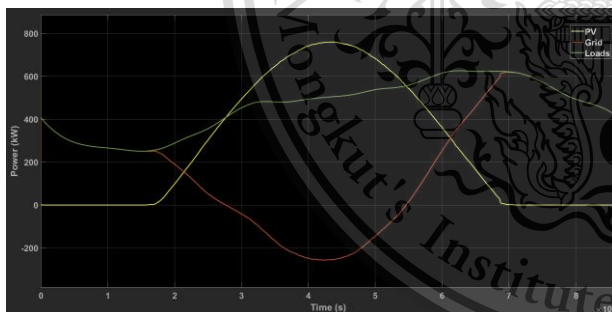


รูปที่ 3 ระบบไฟฟ้ากำลังที่ยังไม่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

3.2 ผลการจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน



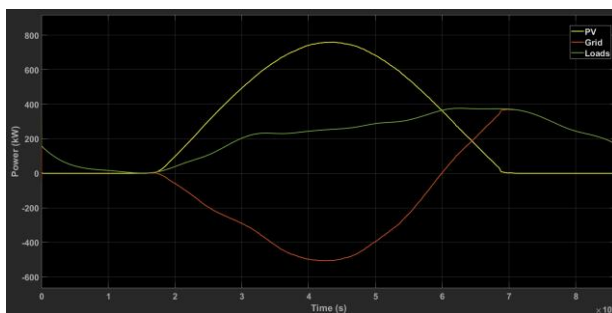
รูปที่ 7 ระบบไฟฟ้ากำลังที่มีการต่อระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน



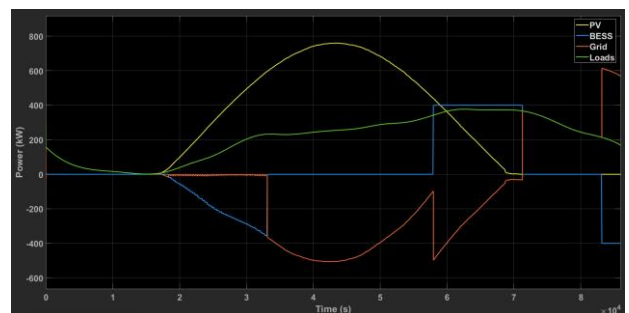
รูปที่ 4 โหลดสภาวะปกติขนาด 350 kW



รูปที่ 8 โหลดสภาวะปกติขนาด 350 kW



รูปที่ 5 สภาวะโหลดน้อยขนาด 100 kW

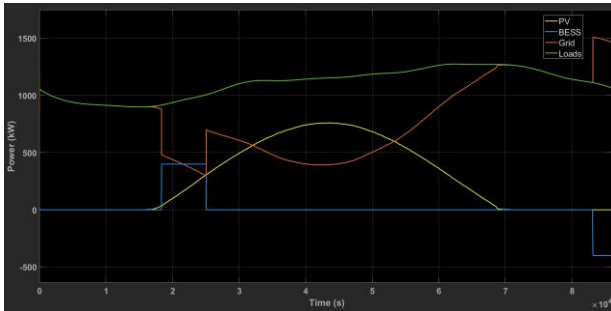


รูปที่ 9 สภาวะโหลดน้อยขนาด 100 kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 10 สภาวะโหลดมากกว่าขนาด 1,000 kW

4. สรุป

จากการต่อแบตเตอรี่เข้าไปยังกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้ง 2 จะเห็นได้ว่าแบตเตอรี่แบบ Compound ที่ได้ใช้ในการทดลองนี้ทำให้เกิดการช่วยจ่ายโหลดในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ และช่วยกักเก็บพลังงานได้ในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากกว่าความต้องการ ทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ของระบบมากเกินไปจนส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ แต่ในการทดลองนี้ได้ใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดไม่ได้ใหญ่มากจึงไม่ได้เห็นภาพอย่างชัดเจนในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการและกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากเกินไปกว่าความต้องการแต่ก็เพียงพอที่จะสรุปถึงผลของ BESS ต่อกรณีที่มีความเฉพาะเจาะจงดังกล่าวได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] กุลยศ อุดมวงศ์เสรี, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง 1, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2559.
- [2] พิเชิด ลำยอง, เครื่องจักรกลไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [3] ชำนาญ ห่อเกียรติ, ระบบไฟฟ้ากำลัง, พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.
- [4] สุรินทร์ คำฝอย, ระบบพลังงานไฟฟ้า, กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2560.

- [5] 2561 – 2580, กรุงเทพฯ : สำนักงานนโยบายและแผนกระทรวงพลังงาน, 2563.
- [6] EGAT, แบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน มิติใหม่การบริหารระบบไฟฟ้า กฟผ. Energy 4.0, นนทบุรี : สำนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560.
- [7] มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, โครงการศึกษาความเหมาะสมและแนวแผนในการส่งเสริมอุตสาหกรรมสำรองไฟฟ้าสำหรับโครงข่ายไฟฟ้าของประเทศ, กรุงเทพฯ, 2562.
- [8] M.Upasani and S.Patil, “Grid Connected Solar Photovoltaic System with Battery Storage for Energy Management”, IEEE, 2018.
- [9] Xiangjun Li and Shangxing Wang, “A review on energy management, operation control and application methods for grid battery energy storage systems”, CSEE Journal of Power and Energy Systems, 2019, pp. 1-15.
- [10] H.Saadat, Power System Analysis, New York : McGraw-Hill, 1999.
- [11] F.B.Wu, B.Yang and J.L.Ye, Grid-scale Energy Storage System and Applications, Massachusetts : Academic Press, 2019.
- [12] P. C Sen, Principles of Electric Machines and Power Electronics, 2nd Ed. New York : Wiley Global Education, 2013.
- [13] A.Elmoatamid, R.Ouladsine, M.Bakhouya and N.El Kamoun, “Review of Control and Energy Management Approaches in Micro-Grid Systems”, Energies 2021, 14, 168. pp. 1-30.

เอกสารนี้เป็นกรรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แผนพัฒนาการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ.
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.

ตาราง ข.1 การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

| ปี พ.ศ. | PDP2018 | | PDP2018 Rev.1 | |
|---------|--------------|-----------|---------------|-----------|
| | Energy (GWh) | Peak (MW) | Energy (GWh) | Peak (MW) |
| 2561 | 203,203 | 29,969 | 203,203 | 29,969 |
| 2565 | 236,488 | 35,213 | 236,488 | 35,213 |
| 2570 | 277,302 | 41,079 | 277,302 | 41,079 |
| 2575 | 320,761 | 47,703 | 320,761 | 47,703 |
| 2580 | 367,458 | 53,997 | 367,458 | 53,997 |

ตาราง ข.2 ภาพรวมกำลังผลิตไฟฟ้า

| กำลังผลิตไฟฟ้าช่วงปี 2561-2580 | PDP2018 | PDP2018 Rev.1 |
|--|---------|---------------|
| กำลังผลิตไฟฟ้า ณ ธันวาคม 2560 | 46,090 | 46,090 |
| กำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ ในช่วงปี 2561-2580 | 56,431 | 56,431 |
| กำลังผลิตไฟฟ้าที่ปลดออกจากระบบในช่วงปี 2561-2580 | -25,310 | -25,310 |
| รวมกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งสิ้นปี 2580 | 77,211 | 77,211 |

ตาราง ข.3 สรุปกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ในช่วงปี 2561-2580 แยกตามประเภทโรงไฟฟ้า

| ประเภทโรงไฟฟ้า | PDP2018 | PDP2018 Revision 1 |
|-----------------------------|---------|--------------------|
| โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน | 20,766 | 18,833 |
| โรงไฟฟ้าชุมชน | - | 1,933 |
| โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ | 500 | 500 |
| โรงไฟฟ้าโคเจนเนอเรชัน | 2,112 | 2,112 |
| โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม | 13,156 | 15,096 |
| โรงไฟฟ้าถ่านหิน/ลิกไนต์ | 1,740 | 1,200 |
| ซื้อไฟฟ้าต่างประเทศ | 5,857 | 5,857 |
| โรงไฟฟ้าใหม่/ทดแทน | 8,300 | 6,900 |
| มาตรการอนุรักษ์พลังงาน | 4,000 | 4,000 |
| รวม | 56,431 | 56,431 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ใช้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ที่ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีนำไปใช้

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

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

ตาราง ข.4 เปรียบเทียบสัดส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทเชื้อเพลิง

| ประเภทเชื้อเพลิง | PDP2018 ณ ปี 2580 | PDP2018 Rev.1 ณ ปี 2580 | ผลต่าง |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------|--------|
| ก๊าซธรรมชาติ | 53 % | 53 % | 0 % |
| ถ่านหิน | 12 % | 11 % | -1 % |
| ซื้อไฟฟ้าพลังน้ำจากต่างประเทศ | 9 % | 9 % | 0 % |
| พลังงานหมุนเวียน | 20 % | 21 % | +1 % |
| นิวเคลียร์ | - | - | - |
| การอนุรักษ์พลังงาน | 6 % | 6 % | 0 % |

ตาราง ข.5 เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า

| ปี พ.ศ. | PDP2018 | | PDP2018 Rev.1 | |
|---------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | รายปี (kgCO ₂ /kWh) | รายปี (พันตัน) | รายปี (kgCO ₂ /kWh) | รายปี (พันตัน) |
| 2561 | 0.413 | 83,975 | 0.413 | 83,976 |
| 2565 | 0.368 | 86,947 | 0.359 | 84,841 |
| 2570 | 0.339 | 94,007 | 0.323 | 89,458 |
| 2575 | 0.291 | 93,357 | 0.281 | 90,228 |
| 2580 | 0.283 | 103,845 | 0.271 | 99,712 |

ตาราง ข.6 พิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ในประเทศไทย

| จุดติดตั้ง | พลังงานหมุนเวียนปี 2563 | | รวม (MW) |
|--|-------------------------|---------------------------|-------------|
| | พลังงานลม (MW) | พลังงานแสงอาทิตย์ (MW) | |
| โครงการติดตั้งแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน (จังหวัดแม่ฮ่องสอน) | - | 3.5 | 3.5 |
| สถานีไฟฟ้าแรงสูงบำเหน็จณรงค์ (จังหวัดชัยภูมิ) | 140.7 | 77.5 | 218.2 |
| สถานีไฟฟ้าแรงสูงชัยบาดาล (จังหวัดลพบุรี) | 207.0 | 94.2 | 301.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

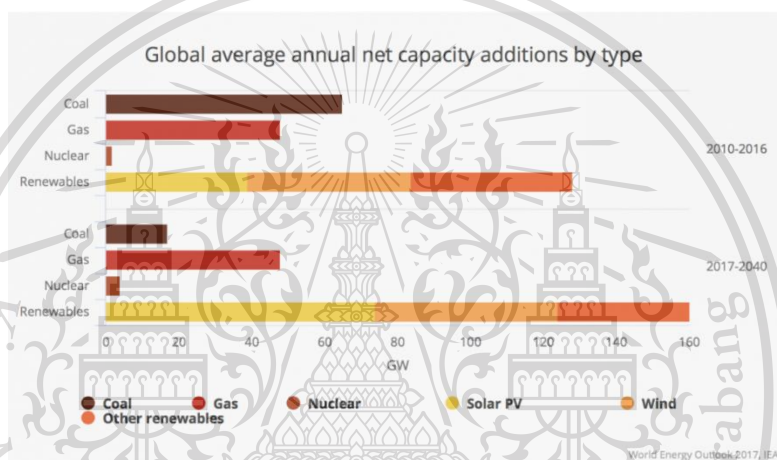
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โครงการแบตเตอรี่ของ กฟผ.

| | | |
|---|--|--|
| <p>จ.แม่ฮ่องสอน</p> <p>โครงการติดตั้งแบตเตอรี่ กักเก็บพลังงาน อ.เมือง</p> <p>กำลังไฟฟ้า 4 เมกะวัตต์ (ความจุ 1 MWh)</p> | <p>จ.ชัยภูมิ</p> <p>สถานีไฟฟ้าแรงสูง น้ำเหืองนคร</p> <p>กำลังไฟฟ้า 16 เมกะวัตต์ (ความจุ 16 MWh)</p> | <p>จ.ลพบุรี</p> <p>สถานีไฟฟ้าแรงสูง ชัยบาดาล</p> <p>กำลังไฟฟ้า 21 เมกะวัตต์ (ความจุ 21 MWh)</p> |
|---|--|--|

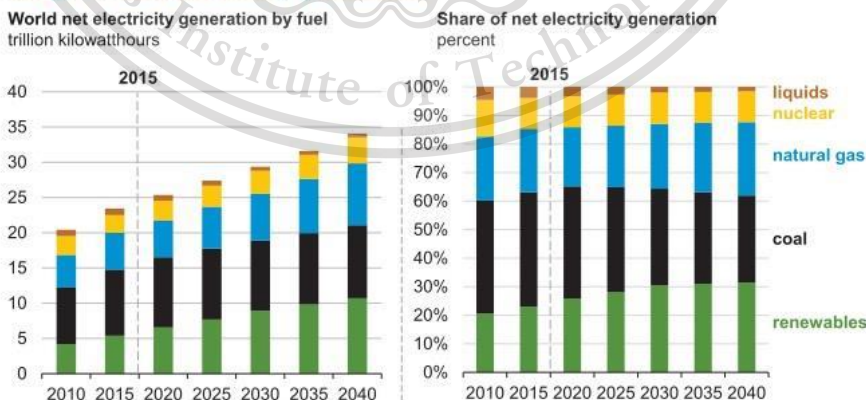


รูปที่ ข.1 ตัวอย่างของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ในประเทศไทย



รูปที่ ข.2 กำลังผลิตไฟฟ้าทั่วโลก แบ่งตามประเภทเชื้อเพลิง

In the Reference case, renewables and natural gas provide much of the growth in electricity generation



U.S. Energy Information Administration

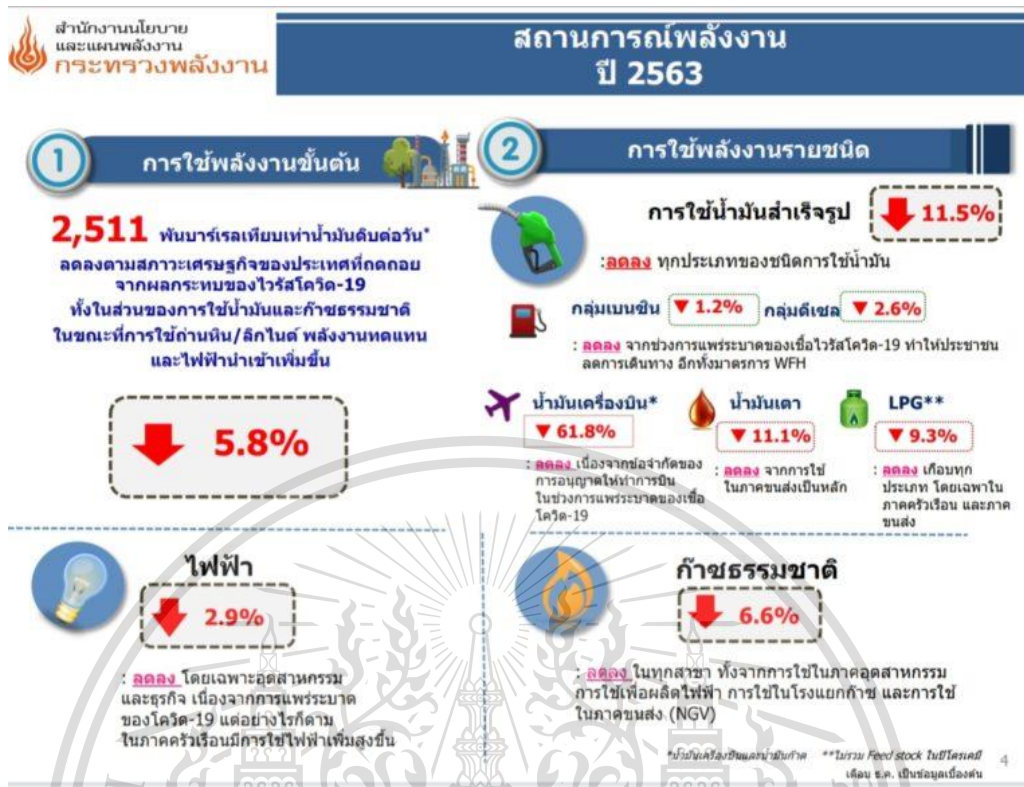
#IEO2017 | www.eia.gov/ieo

79

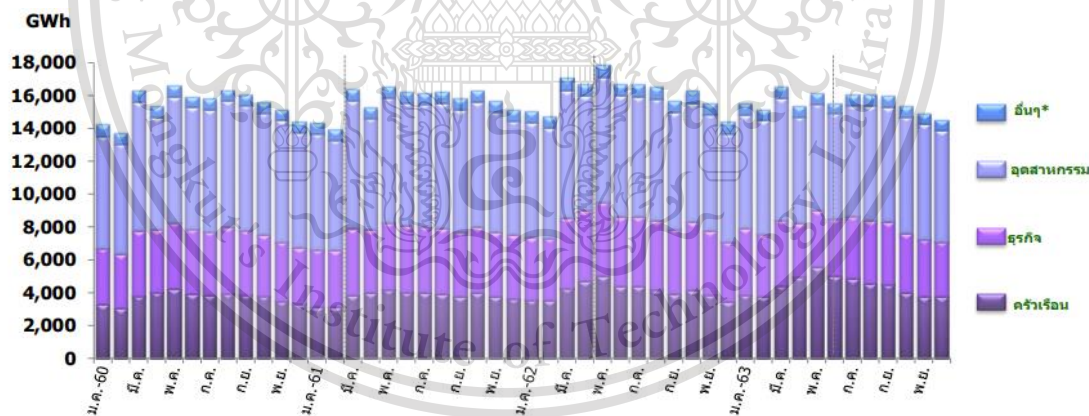
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ข.3 การคาดการณ์สัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนทั่วโลก
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ ข.4 สถานการณ์พลังงานในประเทศไทยในปี 2563



| สาขา | ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (GWh) | | | | 2563 | |
|------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| | 2560 | 2561 | 2562 | 2563 | growth (%) YoY | share (%) |
| ครัวเรือน | 44,374 | 45,205 | 49,202 | 52,860 | 7.4 | 28 |
| ธุรกิจ | 45,100 | 46,764 | 49,128 | 43,950 | -10.5 | 24 |
| อุตสาหกรรม | 87,772 | 87,829 | 86,104 | 82,158 | -4.6 | 44 |
| อื่นๆ* | 7,878 | 8,034 | 8,526 | 8,078 | -5.3 | 4 |
| รวม | 185,124 | 187,832 | 192,960 | 187,047 | -3.1 | 100 |

*องค์กรไม่แสวงหากำไร สุนัขเพื่อการเกษตร ไฟฟ้าครัว ไฟสาธารณะ EV Charging Station และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ ข.5 ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในปี 2563 ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล : นายกันตณ ภาชี

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน หน่วยงานทีมวิศวกรภาควิชา สจล. ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2563



ชื่อ-นามสกุล : นายกิตติพงศ์ กิติ

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนรังษีวิทยา

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ห้ามเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

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.



ชื่อ-นามสกุล : นายชลภัทร จู

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน หน่วยงานที่วิศวกรภาควิชา สจล. ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2563



ชื่อ-นามสกุล : นายณัฐชนน คงสวัสดิ์

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน หน่วยงานที่วิศวกรภาควิชา สจล. ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2563

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.



ชื่อ-นามสกุล : นายณัฐนันท์พล ทองหยิบ

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2563 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ฝึกงานภาคฤดูร้อน หน่วยงานทีมวิศวกรภาควิชา สจล. ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน ถึง 31 กรกฎาคม 2563



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.