BESS

Battery Energy Storage System

การออกแบบ การติดตั้ง การบริหารจัดการ และการประยุกต์ใช้ระบบ
กักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับพลังงานหมุนเวียน

Energy Storage | Optimization | Safety | Sustainability | Integration



วศ.ไพศาล จิรานันตรัตน์

CHULA BOOK

การออกแบบ การติดตั้ง การบริหารจัดการ และการประยุกต์ใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับพลังงานหมุนเวียน

โดย วศ.ไพศาล จิรานันตรัตน์

สงวนลิขสิทธิ์ หนังสือเล่มนี้ตามพระราชบัญญัติ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558
ห้ามมิให้ผู้ใดคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือนำเนื้อหาส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในคู่มือฉบับนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรม Cataloging in Publication Data

ไพศาล จิรานันตรัตน์

การออกแบบ การติดตั้ง การบริหารจัดการ และการประยุกต์ใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับพลังงานหมุนเวียน

ISBN 978-616-636-778-2

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2569

ผู้จัดจำหน่าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร.0-2218-9872 โทรสาร 0-2254-9495

จัดทำโดย
ไพศาล จิรานันตรัตน์
พิมพ์ที่
บริษัท ไอดี ออล ดิจิตอล พริ้นท์ จำกัด
เลขที่ 52 ซอยเอกชัย 69 แขวงคลองบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพฯ10150
โทร 02-8995429
ราคา 690 บาท

บทนำจากผู้เขียน

ในช่วงหลายปีที่ผ่ามมา โลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน (Energy Transition) ครั้งสำคัญ จากการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลไปสู่การใช้พลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียนอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม หรือพลังงานจากแหล่งหมุนเวียนอื่น ๆ อย่างโรก็ตาม แหล่งพลังงานเหล่านี้มีข้อจำกัดสำคัญ คือสามารถผลิตพลังงานได้ไม่สม่ำเสมอตามสภาพอากาศและช่วงเวลาของวัน ส่งผลให้ **ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System: BESS)** กลายเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่ช่วยเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และเป็นหัวใจสำคัญของระบบพลังงานแห่งอนาคต

ปัจจุบัน BESS ไม่ได้ถูกนำมาใช้เฉพาะในโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดใหญ่เท่านั้น แต่ยังถูกประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม อาคารธุรกิจ บ้านพักอาศัย สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า (EV Charging Station) ระบบไมโครากริด (Microgrid) รวมถึงโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนค่าไฟฟ้า เพิ่มความมั่นคงในการจ่ายไฟ และสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากประสบการณ์ของผู้เขียนที่ผ่ามมา ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและพลังงานมากกว่า 30 ปี ทั้งในงานออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบพลังงานหมุนเวียน การอนุรักษ์พลังงาน การตรวจประเมินโรงงานและอาคาร ตลอดจนการเป็นวิทยากรและที่ปรึกษาให้กับหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน พบว่าแม้เทคโนโลยี BESS จะได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หนังสือและตำราภาษาไทยที่อธิบายองค์ความรู้ด้านนี้อย่างครบถ้วน ตั้งแต่หลักการพื้นฐาน การเลือกใช้อุปกรณ์ การออกแบบ การติดตั้ง การควบคุม การบริหารจัดการ ความปลอดภัย ตลอดจนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ยังมีอยู่น้อยมาก ผู้เขียนจึงตั้งใจเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ขึ้นเพื่อเป็นแหล่งความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ทั้งในภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม

หนังสือเล่มนี้รวบรวมเนื้อหาที่ครอบคลุมตั้งแต่ นโยบายพลังงานและแนวโน้มเทคโนโลยี BESS เทคโนโลยีแบตเตอรี่ การออกแบบระบบ การติดตั้ง ระบบควบคุมและบริหารจัดการพลังงาน ความปลอดภัยและมาตรฐาน การบำรุงรักษา การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดจนกรณีศึกษาการประยุกต์ใช้งานทั้งในบ้านพักอาศัยและโรงไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ ผม โดยผู้เขียนได้พยายามนำเสนอเนื้อหาให้เข้าใจง่าย พร้อมภาพประกอบ แผนภาพ ตาราง ตัวอย่างการคำนวณ และกรณีศึกษาที่สามารถประยุกต์ใช้กับงานจริงได้



ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวิศวกรไฟฟ้า วิศวกรพลังงาน ผู้รับเหมาติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์และ BESS นักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย ผู้ประกอบการ ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป ที่ต้องการศึกษาและพัฒนาความรู้เกี่ยวกับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีพลังงานในอนาคต และสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ติดตั้ง และบริหารจัดการระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

แม้ว่าผู้เขียนจะพยายามตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอย่างรอบคอบที่สุดแล้ว แต่เนื่องจากเทคโนโลยีด้านระบบกักเก็บพลังงานมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งมาตรฐานสากล ข้อกำหนดทางวิศวกรรม และผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ผู้เขียนขอน้อมรับข้อเสนอแนะและคำติชมจากผู้อ่าน เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาหนังสือในโอกาสต่อไป

ขอให้หนังสือเล่มนี้เป็นอีกหนึ่งแรงผลักดันในการพัฒนาบุคลากรด้านพลังงานของประเทศไทย และร่วมกันขับเคลื่อนสู่ระบบพลังงานสะอาดที่มั่นคง ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

****วศ.ไพศาล จิรานันตรัตน์****
วิศวกรไฟฟ้าและพลังงาน

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

...../...../.....



สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 นโยบายพลังงานและแนวโน้มเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

1.1 บทนำ 1
1.2 สถานการณ์พลังงานโลกและการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน 2
1.3 Carbon Neutrality และ Net Zero Emission 2
1.4 นโยบายพลังงานของประเทศไทย 3
1.5 ความสำคัญของระบบ BESS 5
1.6 แนวโน้มการเติบโตของตลาด BESS 6
1.7 บทบาทของ BESS ในระบบไฟฟ้าสมัยใหม่ 10
1.8 Smart Grid และระบบบริหารจัดการพลังงานอัจฉริยะ 11
1.9 Virtual Power Plant (VPP) 12
1.10 AI for Energy Management 13

บทที่ 2 เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน

2.1 หลักการพื้นฐานของแบตเตอรี่ 14
2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่ในระบบ BESS 16
2.3 ประเภทของแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน 17
2.4 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีแบตเตอรี่ 24
2.5 พารามิเตอร์สำคัญของแบตเตอรี่ 25
2.6 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ 29
2.7 การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ (Battery Degradation) 30
2.8 แนวโน้มเทคโนโลยีแบตเตอรี่ในอนาคต 31

บทที่ 3 การออกแบบระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

3.1 องค์ประกอบของระบบ BESS 33



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 Battery Management System (BMS) 37
3.3 Power Conversion System (PCS) 40
3.4 Energy Management System (EMS) 44
3.5 Power Capacity และ Energy Capacity 51
3.6 การประยุกต์ใช้งาน BESS 53
3.7 การออกแบบ BESS ร่วมกับ Solar PV 58
3.8 รูปแบบการเชื่อมต่อ Solar PV กับ BESS 64
3.9 Grid-Connected BESS 68
3.10 Hybrid BESS 73
3.11 Micro Grid 81
3.12 การเลือกขนาด PCS 88
3.13 การพิจารณา Round Trip Efficiency 90
3.14 แนวทางการเลือกขนาด BESS เบื้องต้น 95

บทที่ 4 การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

4.1 การเตรียมพื้นที่และวางแผนการติดตั้ง 97
4.2 การติดตั้ง Battery System และอุปกรณ์หลัก 101
4.3 การติดตั้งระบบระบายความร้อนและระบบป้องกันอัคคีภัย 108

บทที่ 5 ระบบควบคุมและบริหารจัดการพลังงานสำหรับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

5.1 Battery Management System (BMS) 119
5.2 Energy Management System (EMS) 127
5.3 SCADA System 136
5.4 Smart Grid 141



สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 Artificial Intelligence (AI) for Energy Management 147

บทที่ 6 ความปลอดภัย มาตรฐาน และการบำรุงรักษาระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

6.1 ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระบบ BESS 153
6.2 ระบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับ BESS 162
6.3 ระบบระบายความร้อนของ BESS 165
6.4 มาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับ BESS 166
6.5 การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบ BESS 171

บทที่ 7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

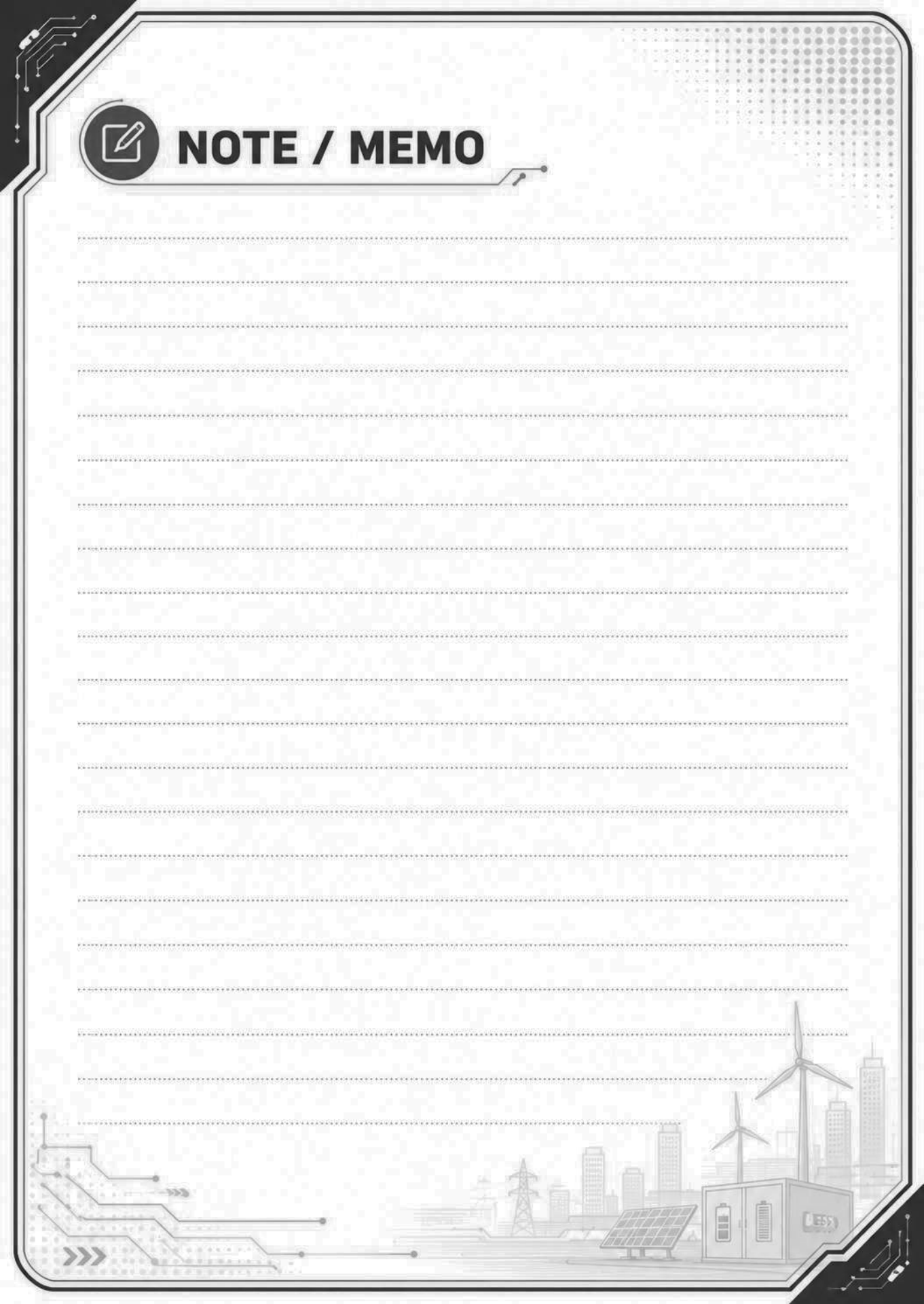
7.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 176
7.2 ต้นทุนของระบบ BESS 176
7.3 แหล่งรายได้และผลประโยชน์ของ BESS 187
7.4 อายุโครงการ (Project Lifetime) 197
7.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุน 201
7.6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 202

บทที่ 8 กรณีศึกษาการประยุกต์ใช้งานระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

8.1 กรณีศึกษา 221



NOTE / MEMO



บทที่

1 นโยบายพลังงานและแนวโน้มเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

- นโยบายพลังงานของประเทศไทย
- การเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานโลก
- Carbon Neutrality และ Net Zero Emission
- ความสำคัญและบทบาทของ BESS
- แนวโน้มการเติบโตของตลาด BESS
- Smart Grid, VPP และ AI for Energy Management



นโยบายพลังงาน | การเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน | Carbon Neutrality Net Zero | ระบบกักเก็บพลังงาน (BESS) | แนวโน้มการเติบโต | Smart Grid VPP & AI

บทที่ 1

นโยบายพลังงานและแนวโน้มเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

1.1 บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานครั้งสำคัญ (Energy Transition) จากระบบการผลิตไฟฟ้าที่พึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ไปสู่การใช้พลังงานสะอาดและพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

หลายประเทศทั่วโลกได้กำหนดเป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net Zero Emission รวมทั้งส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล และพลังงานน้ำ อย่างไรก็ตาม แหล่งพลังงานหมุนเวียนส่วนใหญ่มีลักษณะการผลิตไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอและขึ้นอยู่กับสภาพธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดความท้าทายในการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

ด้วยเหตุนี้ ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ หรือ Battery Energy Storage System (BESS) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียน ช่วยเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้า และเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบ Smart Grid และ Virtual Power Plant (VPP) ในอนาคต

1.2 สถานการณ์พลังงานโลกและการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน (Global Energy Transition)

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลกยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการขยายตัวของเศรษฐกิจ การเพิ่มขึ้นของประชากร และการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมดิจิทัล ส่งผลให้หลายประเทศต้องพัฒนาระบบพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

แนวโน้มสำคัญของภาคพลังงานโลก ได้แก่

1) การเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียน

2) การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

3) การใช้พลังงานไฟฟ้าแทนเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง

4) การพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน

5) การนำระบบดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์มาบริหารจัดการพลังงาน

องค์กรระหว่างประเทศหลายแห่ง เช่น International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA) และ World Bank คาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ.2050 พลังงานหมุนเวียนจะกลายเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าหลักของโลก และระบบกักเก็บพลังงานจะมีบทบาทสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

1.3 Carbon Neutrality และ Net Zero Emission

1.3.1 Carbon Neutrality

Carbon Neutrality หมายถึง ภาวะที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศมีปริมาณเท่ากับปริมาณที่สามารถดูดซับหรือชดเชยกลับคืนได้

วิธีการบรรลุ Carbon Neutrality ได้แก่

- ใช้พลังงานหมุนเวียน
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- ปลูกป่าและเพิ่มพื้นที่สีเขียว
- ซื้อคาร์บอนเครดิต
- ใช้เทคโนโลยีดักจับและกักเก็บคาร์บอน

1.3.2 Net Zero Emission

Net Zero Emission หมายถึง การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกชนิดให้เหลือน้อยที่สุด และชดเชยเฉพาะส่วนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

ประเทศไทยได้กำหนดนโยบายมุ่งสู่การเป็นประเทศคาร์บอนต่ำ โดยมีเป้าหมายให้บรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Greenhouse Gas Emissions) ภายในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ. 2050) เพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงาน การเพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียน การพัฒนาระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (BESS) และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในระยะยาว

1.4 นโยบายพลังงานของประเทศไทย

ประเทศไทยได้กำหนดทิศทางการพัฒนาพลังงานผ่านแผนสำคัญหลายฉบับ ได้แก่

1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ (PDP)

แผน PDP มีเป้าหมายเพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้า รองรับการเติบโตของเศรษฐกิจ และเพิ่มสัดส่วนพลังงานสะอาดในระบบไฟฟ้า

แนวทางสำคัญประกอบด้วย

- เพิ่มสัดส่วนพลังงานหมุนเวียน
- ส่งเสริมระบบกักเก็บพลังงาน
- พัฒนา Smart Grid
- พัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

2) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP)

มุ่งเน้นการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนในทุกภาคส่วน ทั้งภาคไฟฟ้า ภาคความร้อน และภาคเชื้อเพลิงชีวภาพ

3) แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP)

มุ่งเน้นการลดความเข้มการใช้พลังงานของประเทศ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม อาคาร และภาคขนส่ง



รูปที่ 1.1 นโยบายพลังงานของประเทศไทย

1.5 ความสำคัญของระบบ Battery Energy Storage System (BESS)

BESS คือ ระบบที่ใช้แบตเตอรี่ในการกักเก็บพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำกลับมาใช้งานในเวลาที่ต้องการ

องค์ประกอบหลักของระบบ BESS ประกอบด้วย

1) Battery Cell

2) Battery Module

3) Battery Rack

4) Battery Management System (BMS)

5) Power Conversion System (PCS)

6) Energy Management System (EMS)

7) ระบบป้องกันอัคคีภัยและความปลอดภัย



รูปที่ 1.2 องค์ประกอบหลักของระบบ BESS

ระบบ BESS สามารถทำหน้าที่ได้หลายรูปแบบ เช่น

- เก็บพลังงานส่วนเกิน
- จ่ายไฟสำรอง
- ลด Peak Demand
- ควบคุมความถี่ระบบไฟฟ้า
- ควบคุมแรงดันไฟฟ้า
- เพิ่มเสถียรภาพระบบไฟฟ้า

1.6 แนวโน้มการเติบโตของตลาด BESS

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ราคาของแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ต้นทุนของระบบ BESS ลดลงอย่างมาก

ปัจจัยที่สนับสนุนการเติบโตของตลาด BESS ได้แก่

1) การขยายตัวของ Solar PV

2) การเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้า (EV)

3) ความต้องการลดต้นทุนพลังงาน

4) การพัฒนา Smart Grid

5) ความต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจุบันมีการติดตั้ง BESS ในหลายรูปแบบ เช่น

- Utility Scale BESS
- Commercial and Industrial BESS
- Residential BESS
- Microgrid BESS
- EV Charging Station BESS



รูปที่ 1.3 Utility Scale BESS



รูปที่ 1.4 Commercial and Industrial BESS



รูปที่ 1.5 Residential BESS



รูปที่ 1.6 Microgrid BESS



รูปที่ 1.7 EV Charging Station BESS

1.7 บทบาทของ BESS ในระบบไฟฟ้าสมัยใหม่

1) Renewable Energy Integration

BESS ช่วยแก้ปัญหาความผันผวนของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม โดยเก็บพลังงานส่วนเกินและจ่ายกลับเข้าสู่ระบบเมื่อกำลังผลิตลดลง

2) Peak Shaving

ช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของอาคารและโรงงาน ส่งผลให้ลดค่าไฟฟ้าประเภท Demand Charge

3) Load Shifting

เก็บพลังงานในช่วงที่ค่าไฟฟ้าต่ำ และนำมาใช้ในช่วงที่ค่าไฟฟ้าสูง

4) Backup Power

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรองในกรณีไฟฟ้าดับ

5) Frequency Regulation

ช่วยรักษาความถี่ของระบบไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

6) Voltage Support

ช่วยรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีเสถียรภาพ

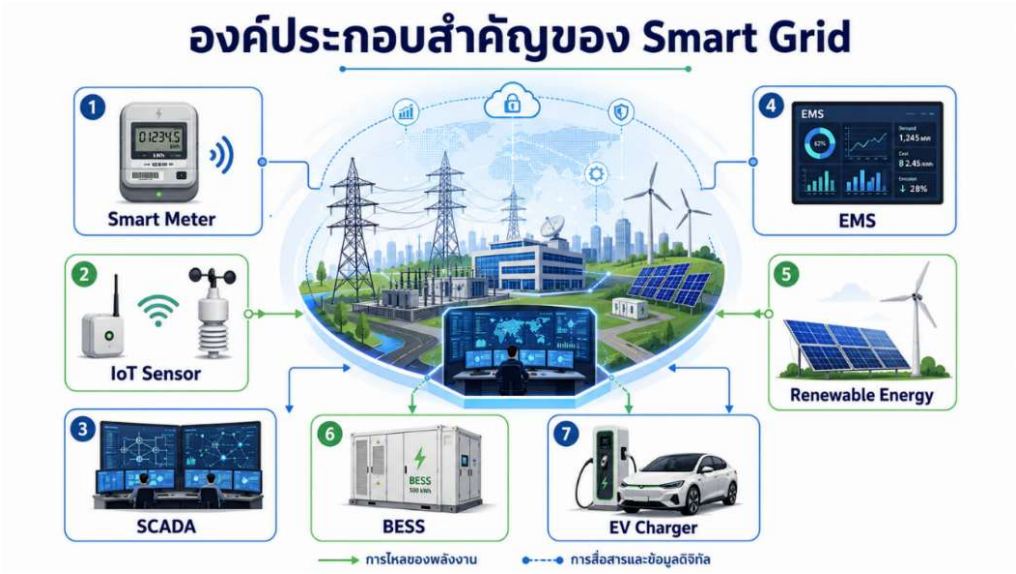
1.8 Smart Grid และระบบบริหารจัดการพลังงานอัจฉริยะ

Smart Grid คือ ระบบโครงข่ายไฟฟ้าที่นำเทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสาร และระบบควบคุมอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า

องค์ประกอบสำคัญของ Smart Grid ได้แก่

- Smart Meter
- IoT Sensor
- SCADA
- EMS
- Renewable Energy
- BESS
- EV Charger

BESS ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ Smart Grid สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1.8 องค์ประกอบสำคัญของ Smart Grid

1.9 Virtual Power Plant (VPP)

Virtual Power Plant หรือ VPP คือ การรวมแหล่งผลิตไฟฟ้าและระบบกักเก็บพลังงานที่กระจายอยู่หลายพื้นที่เข้าด้วยกัน ผ่านระบบควบคุมและสื่อสารอัจฉริยะ เพื่อให้สามารถทำงานเสมือนโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่

องค์ประกอบหลักของ VPP ได้แก่

- Solar Rooftop
- Wind Power
- BESS
- EV Charger
- Demand Response
- Energy Management System

VPP จะเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสำคัญที่ช่วยรองรับการเปลี่ยนผ่านด้านพลังงานในอนาคต



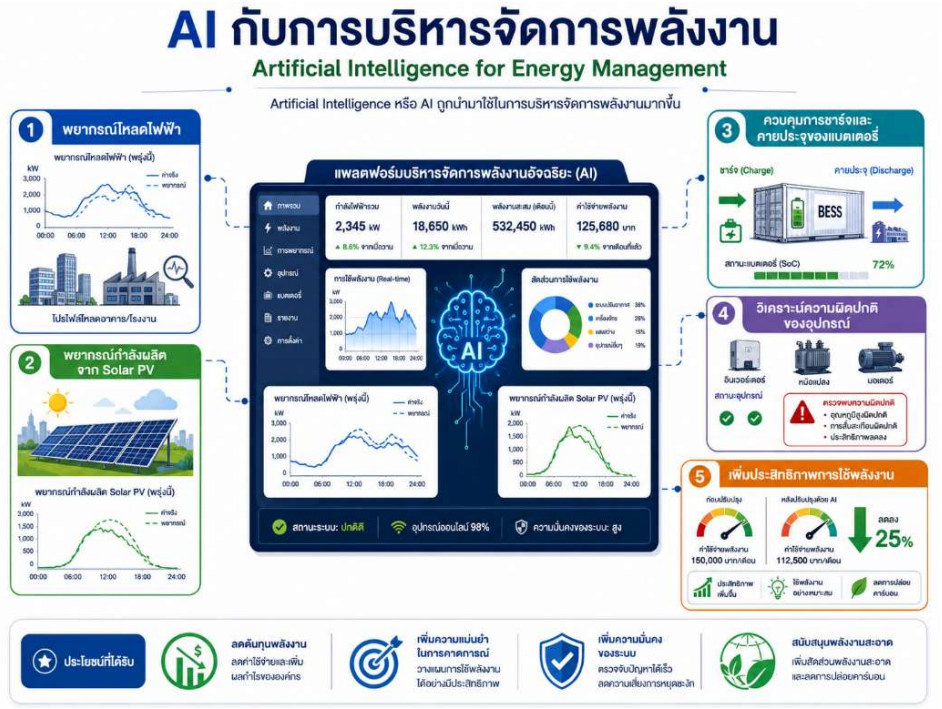
รูปที่ 1.9 องค์ประกอบหลักของ VPP

1.10 AI for Energy Management

Artificial Intelligence หรือ AI ถูกนำมาใช้ในการบริหารจัดการพลังงานมากขึ้น โดยสามารถช่วย

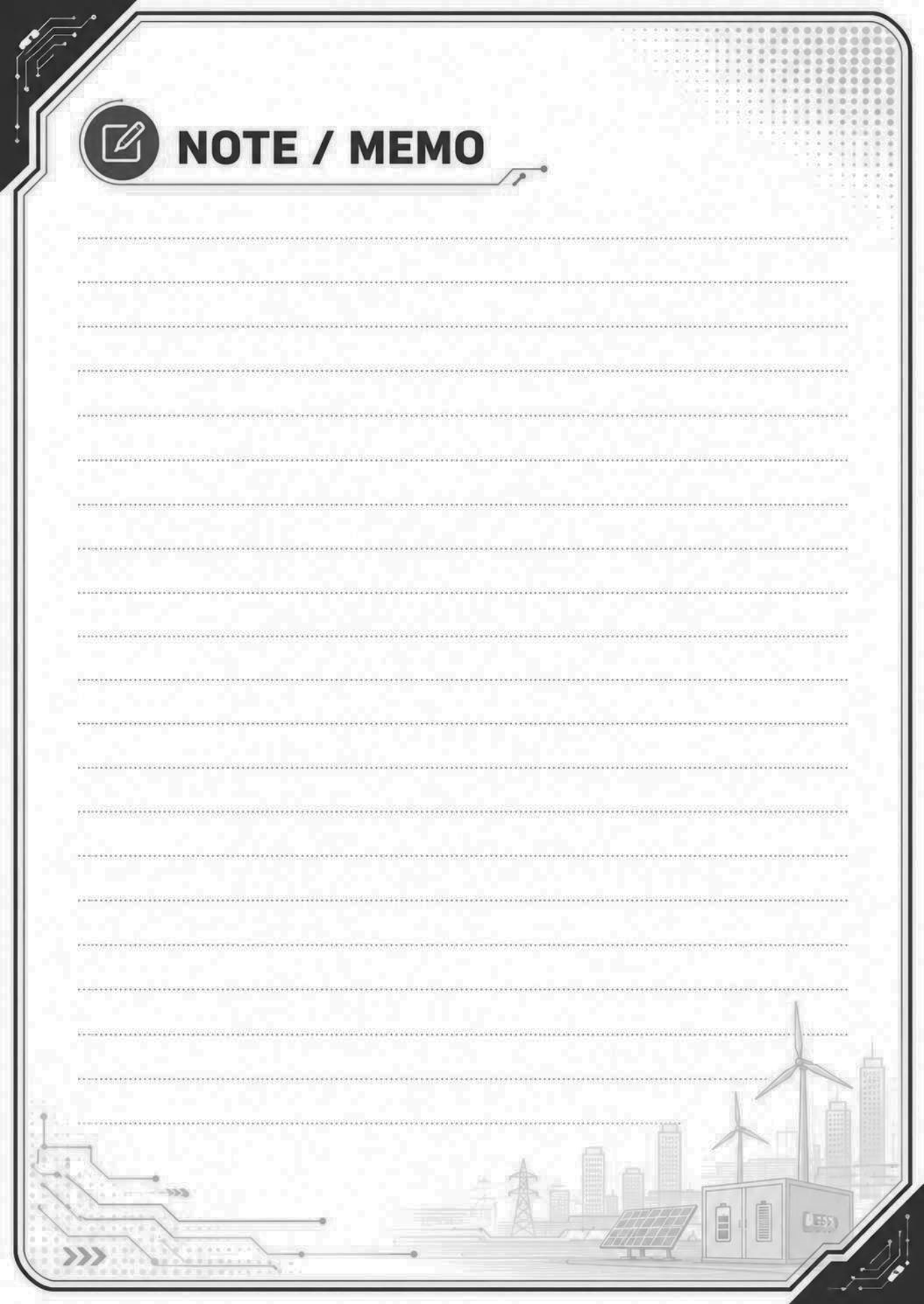
- พยากรณ์โหลดไฟฟ้า
- พยากรณ์กำลังผลิตจาก Solar PV
- ควบคุมการชาร์จและคายประจุของแบตเตอรี่
- วิเคราะห์ความผิดปกติของอุปกรณ์
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

AI จะมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการระบบ BESS, Smart Grid และ VPP ในอนาคต



รูปที่ 1.10 AI กับการบริหารจัดการพลังงาน

NOTE / MEMO



CELL



MODULE



RACK



CONTAINER



บทที่ 2

เทคโนโลยีแบตเตอรี่
สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน

- หลักการพื้นฐานของแบตเตอรี่
- โครงสร้างของแบตเตอรี่ในระบบ BESS
- ประเภทของแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน
- การเปรียบเทียบเทคโนโลยีแบตเตอรี่
- พารามิเตอร์สำคัญของแบตเตอรี่
- อายุการใช้งานของแบตเตอรี่
- การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ (Battery Degradation)
- แนวโน้มเทคโนโลยีแบตเตอรี่ในอนาคต





ปลอดภัย
มากขึ้น

ประสิทธิภาพ
สูงขึ้น

อายุการใช้งาน
ยาวนาน

เป็นมิตรต่อ
สิ่งแวดล้อม

LFP
Lithium Iron Phosphate



NMC
Nickel Manganese Cobalt



NCA
Nickel Cobalt Aluminum



LMFP
Lithium Manganese Iron Phosphate



Solid State Battery



Sodium Ion Battery



บทที่ 2

เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System: BESS) เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบพลังงานสมัยใหม่ โดยทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่ง และนำพลังงานดังกล่าวกลับมาใช้งานในช่วงเวลาที่ต้องการ

หัวใจสำคัญของระบบ BESS คือ "แบตเตอรี่" ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมีในขณะชาร์จ และเปลี่ยนพลังงานเคมีกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าในขณะคายประจุ

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีแบตเตอรี่หลายประเภทที่ถูกนำมาใช้ในระบบกักเก็บพลังงาน โดยแต่ละประเภทมีข้อดี ข้อจำกัด อายุการใช้งาน ต้นทุน และความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกัน

การเข้าใจหลักการทำงานและคุณลักษณะของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจึงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบ เลือกใช้งาน และบริหารจัดการระบบ BESS อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 หลักการพื้นฐานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าเคมีที่ทำหน้าที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในรูปของพลังงานเคมี และสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าเมื่อต้องการใช้งาน ในขณะชาร์จแบตเตอรี่จะรับพลังงานไฟฟ้าเข้าไปเก็บสะสมไว้ภายในเซลล์ และในขณะคายประจุ แบตเตอรี่จะจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาให้กับอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้า

ดังนั้น แบตเตอรี่จึงทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงาน ช่วยสำรองไฟฟ้า ลดความผันผวนของพลังงานหมุนเวียน และเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะในระบบ Solar PV และ BESS

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Device) ที่ประกอบด้วย

1) ขั้วบวก (Cathode)

เป็นขั้วรับอิเล็กตรอนในระหว่างการคายประจุ

2) ขั้วลบ (Anode)

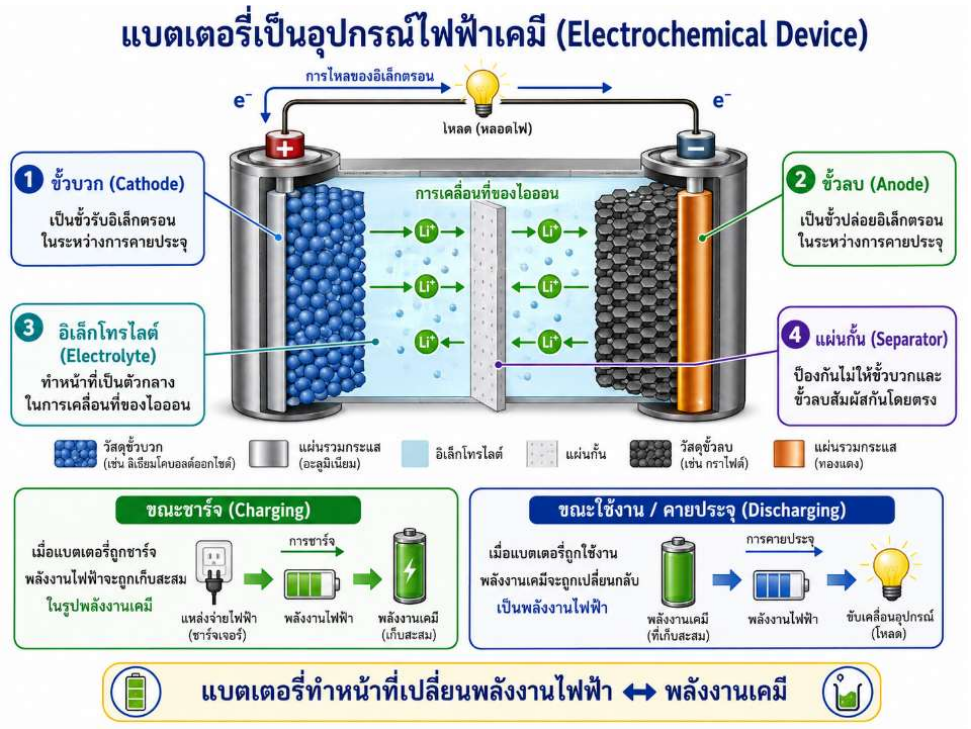
เป็นขั้วปล่อยอิเล็กตรอนในระหว่างการคายประจุ

3) อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte)

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเคลื่อนที่ของไอออน

4) แผ่นกั้น (Separator)

ป้องกันไม่ให้ขั้วบวกและขั้วลบสัมผัสกันโดยตรง เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จ พลังงานไฟฟ้าจะถูกเก็บสะสมในรูปพลังงานเคมี เมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้งาน พลังงานเคมีจะถูกเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่ในระบบ BESS

โครงสร้างของแบตเตอรี่ในระบบ Battery Energy Storage System (BESS) จะถูกออกแบบเป็นลำดับชั้น ตั้งแต่หน่วยย่อยที่สุดคือ Battery Cell ไปจนถึงระบบขนาดใหญ่ระดับ Battery Bank เพื่อให้สามารถเพิ่มขนาดแรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานสะสมให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละโครงการ

Battery Cell เป็นหน่วยพื้นฐานของแบตเตอรี่ ทำหน้าที่กักเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยแรงดันต่อเซลล์จะแตกต่างกันตามชนิดของเคมีแบตเตอรี่ เช่น LFP มีแรงดันประมาณ 3.2 V ต่อเซลล์ ส่วน NMC มีแรงดันประมาณ 3.6–3.7 V ต่อเซลล์ เมื่อนำหลายเซลล์มาต่อรวมกันทั้งแบบอนุกรมและขนาน จะได้เป็น Battery Module ที่มีแรงดันและความจุสูงขึ้น หลาย Battery Module จะถูกนำมาประกอบรวมกันเป็น Battery Rack ซึ่งมักติดตั้งอยู่ภายในตู้แบตเตอรี่หรือคอนเทนเนอร์ BESS โดยมีระบบ BMS คอยตรวจสอบแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และสถานะของแบตเตอรี่แต่ละชุด จากนั้นหลาย Rack จะถูกเชื่อมต่อรวมกัน