การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อการพึ่งพาตนเองได้ในด้านพลังงานของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

นายกลวัชร เกษกมล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Optimal Sizing of Battery Energy Storage System for Sustainable Energy in Mueang Mae Hong Son District

Mr. Kollawat Keskamol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อการพึ่งพาตนเองได้ในด้านพลังงานของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน
โดย	นายกลวัชร เกษกมล
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงค์วาณิชย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลยศ อุดมวงศ์เสรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.สมภพ อัษฎมงคล)

กลวัชร เกษกมล : การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อการพึ่งพาตนเองได้ในด้านพลังงานของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน (Optimal Sizing of Battery Energy Storage System for Sustainable Energy in Mueang Mae Hong Son District) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.แนบบุญ หุนเจริญ, 52 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอกระบวนการการหาขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อการพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน โดยพิจารณาการทำงานใน 2 รูปแบบหลัก คือ ขณะเชื่อมต่อกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้า กำหนดขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่จะสามารถทำให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนยังคงรักษาเสถียรภาพทางไฟฟ้าได้เมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้น และขณะทำงานแยกโดด กำหนดขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่เล็กที่สุดที่จะสามารถทำให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนสามารถทำงานแบบแยกโดดได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที โดยคำนึงถึงอัตราส่วนการอัดประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ แนวคิดหลักที่นำมาประยุกต์คือใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่มาทดแทนกำลังไฟฟ้าที่สูญหายจากสายส่งเมื่อเกิดความผิดพร่อง ดังนั้น ในช่วงการทำงานปกติที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจึงมุ่งเน้นการจัดการกำลังผลิตภายในเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าจากภายนอกให้ได้มากที่สุด การแก้ปัญหาจะใช้กระบวนการหาค่าเหมาะที่สุดโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น ผลลัพธ์ที่ได้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะมีขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้า 4.5 เมกะวัตต์ และขนาดพิกัดความจุพลังงานไฟฟ้า 2.25 เมกะวัตต์-ชั่วโมง (ที่อัตราส่วนการอัดประจุไฟฟ้าเท่ากับ 2) นอกจากนี้ พิจารณาผลของการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยตรงต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ใน 2 รูปแบบ คือ การควบคุมร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ และการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด พบว่า ผลของการควบคุมโหลดโดยตรงแบบการควบคุมร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้จะส่งผลให้พิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่มีพิกัดกำลังไฟฟ้าลดลงได้ดีกว่าการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5770111521 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEYWORDS: BATTERY ENERGY STORAGE SYSYEM / MICROGRID OPERATION / SUSTAINABLE ENERGY / ENERGY STORAGE SIZING / DIRECT LOAD CONTROL

KOLLAWAT KESKAMOL: Optimal Sizing of Battery Energy Storage System for Sustainable Energy in Mueang Mae Hong Son District. ADVISOR: ASST. PROF. NAEBBOON HOONCHAREON, Ph.D., 52 pp.

This thesis proposes optimal sizing of battery energy storage system (BESS) for sustainable energy in Mueang Mae Hong Son district. During connected mode of operation, minimum power size of BESS is determined for maintaining stability of the power system in Mae Hong Son when fault occurs on the tie-line. Then during islanding mode, minimum energy size of BESS is determined so that the system can maintain operation in the islanding mode no less than 15 minutes at charge rate equal to 2. The main concept being applied here is to manage tie-line import power at minimum during normal operation, and to use power supply from BESS to substitute for such tie-flow when fault occurs on the tie-line. Linear programing is applied to solve the formulated optimization problem. The results show that the size of BESS is 4.5 MW, 2.25 MWh (at 2 charge rate). In addition, feasibility of further reducting the size of BESS using direct load control in 2 schemes; that is energy consumption control and peak load control, has been investigated. Test results show that the energy consumption control scheme is more effective in reducing size of BESS than the peak load control is.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Electrical Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจากบุคคลมากมาย ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แนบบุญ หุนเจริญ ที่ได้ให้การดูแล คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดการศึกษาและการจัดทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมบูรณ์ แสงวงค์วาณิชย์ รองศาสตราจารย์ ดร. กุลยศ อุดมวงศ์เสรี และ ดร. สมภพ อัษฎมงคล ที่ได้ตรวจสอบ แก้ไข และให้คำแนะนำสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความสะดวกในการติดต่อประสานงานและการดำเนินการต่างๆ ขอบคุณทุนสนับสนุนนิสิตระดับปริญญาเอกและโทไปทำวิจัยในต่างประเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัย "วาเซดะ" โตเกียว ญี่ปุ่น สำหรับการวิจัยระยะสั้นในหัวข้อการควบคุมโหลดโดยตรงเพื่อลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุนตลอดมา และทุกๆท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 ขั้นตอนวิธี 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน 6
2.1 ไมโครกริด 6
2.2 ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 9
2.3 การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 10
2.4 การควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้ากรณีฉุกเฉินภายในไมโครกริด 11
2.5 การประเมินความเชื่อถือได้ 12
บทที่ 3 การออกแบบไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อความยั่งยืนด้านพลังงาน 15
3.1 แนวคิดการออกแบบไมโครกริด 15
3.2 ความสามารถในการผลิตไฟฟ้า 16
3.3 ความต้องการใช้ไฟฟ้า 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.4 การปฏิบัติงานทางด้านไฟฟ้า 19
3.5 แนวคิดการหาขนาดระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริด 21
บทที่ 4 การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 24
4.1 การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 24
4.2 กำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ของระบบ 25
4.3 การหาขนาดทางด้านกำลังที่เหมาะที่สุด 26
4.4 การหาขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุด 28
บทที่ 5 ผลการทดสอบ 29
5.1 สมมติฐาน 29
5.2 ผลการหาความต้องการทางด้านกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 31
5.3 ผลการหาขนาดพิกัดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุด 35
5.4 วิเคราะห์ผล 35
บทที่ 6 ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่โดยคำนึงถึงการควบคุมโหลดโดยตรง 39
6.1 การควบคุมโหลดโดยตรง 39
6.2 ผลของการควบคุมแบบร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ 40
6.3 ผลของการควบคุมแบบความต้องการสูงสุด 43
บทที่ 7 บทสรุป 47
7.1 สรุป 47
7.2 ข้อเสนอแนะงานในอนาคต 47
รายการอ้างอิง 49
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 52

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 องค์ประกอบของไมโครกริด 6
รูปที่ 2 ขั้นตอนวิธีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินในไมโครกริด 12
รูปที่ 3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากน้ำในแต่ละเดือนของเขื่อนแม่สะงา ปีพ.ศ. 2557 16
รูปที่ 4 เส้นโค้งลักษณะช่วงเวลาของความต้องการใช้ไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2557 18
รูปที่ 5 ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ของเดือนพฤษภาคมของเขื่อนแม่สะงาในปี พ.ศ. 2557 ... 18
รูปที่ 6 ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ของเดือนตุลาคมของเขื่อนแม่สะงาในปี พ.ศ. 2557 19
รูปที่ 7 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 20
รูปที่ 8 องค์ประกอบของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 22
รูปที่ 9 แบบจำลองระบบไฟฟ้าของไมโครกริดพื้นที่ห่างไกล 25
รูปที่ 10 แบบจำลองระบบไฟฟ้าของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 29
รูปที่ 11 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเขื่อนแม่สะงาเปรียบเทียบกับโหลดรายเดือน ปี พ.ศ. 2557 30
รูปที่ 12 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 33
รูปที่ 13 สถานะการกักเก็บพลังงานของเขื่อนแม่สะงาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 33
รูปที่ 14 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าในเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 34
รูปที่ 15 สถานะการกักเก็บพลังงานของเขื่อนแม่สะงาในเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 34
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่กับค่าดัชนี SAIFI 37
รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่กับค่าดัชนี SAIDI 38
รูปที่ 18 ตัวอย่างการควบคุมโหลดแบบร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ 39
รูปที่ 19 ตัวอย่างการควบคุมโหลดแบบจำกัดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 40
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการบริโภคพลังงานที่ลดลงกับขนาดพิกัดกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 41

รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการบริโภคพลังงานที่ลดลงกับพลังงานที่ต้องการจากแบตเตอรี่สำหรับการจากแบตเตอรี่ทำงานแบบแยกโดดเป็นเวลา 15 นาทีของทั้งสองฤดู 42

รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ควบคุมกับขนาดพิกัดกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ 43

รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ควบคุมกับพลังงานที่ต้องการจากแบตเตอรี่สำหรับการทำงานแบบแยกโดดเป็นเวลา 15 นาทีของทั้งสองฤดู 45

รูปที่ 24 ลักษณะโหลดของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในปี พ.ศ. 2557 53

รูปที่ 25 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2557 54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบหน้าที่ในแต่ละองค์ประกอบของกริดแบบปัจจุบันและไมโครกริด 7

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ ในแต่ละเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ 10

ตารางที่ 3 กำลังไฟฟ้าสูงสุดในสายส่งของแต่ละเดือนในหน่วยเมกะวัตต์ 32

ตารางที่ 4 ปริมาณพลังงานที่ต้องการสำหรับการทำงานแบบแยกโดดเป็นระยะเวลา อย่างน้อย 15 นาที 35

ตารางที่ 5 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน 36

ตารางที่ 6 พลังงานไฟฟ้าที่เขื่อนแม่สะงาผลิตได้ ในปี พ.ศ. 2557 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แม่ฮ่องสอนเป็นจังหวัดที่อยู่บริเวณชายแดนตอนเหนือของประเทศไทย ซึ่งห่างไกลและถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่ป่าและภูเขา โดยมีเพียงสายส่งขนาด 22 กิโลโวลต์เชื่อมต่อเข้ากับเมืองเท่านั้น จึงทำให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนประสบปัญหาความน่าเชื่อถือทางไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด ปัจจุบันมีการเชื่อมต่อสายส่งขนาด 115 กิโลโวลต์ และแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กภายในพื้นที่ จึงสามารถแก้ปัญหาเบื้องต้นได้ อย่างไรก็ดีสายส่งนั้นมีระยะทางยาวและผ่านพื้นที่ป่าและภูเขา จึงทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพร่องบ่อยครั้ง ดังนั้น ปัญหาความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้ายังคงมีอยู่ [1]

โครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็กหรือไมโครกริด เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เนื่องจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีความต้องการทางไฟฟ้าที่ต่ำและมีกำลังผลิตภายในพื้นที่ด้วยพลังงานหมุนเวียน อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนจึงมีศักยภาพเพียงพอที่จะเป็นไมโครกริดที่พึ่งพาตนเองโดยคำนึงถึงความยั่งยืนทางพลังงาน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกำลังผลิตภายในพื้นที่โดยส่วนใหญ่เป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ดังนั้นฤดูกาลจึงส่งผลกระทบต่อกำลังผลิตภายในพื้นที่เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในฤดูแล้งที่ไมโครกริดจำเป็นจะต้องพึ่งพากำลังไฟฟ้าจากภายนอก ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากกับไมโครกริดสำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน เนื่องจากแบตเตอรี่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ในทันทีหากเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่งก่อนที่จะเกิดไฟฟ้าดับ แต่เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นเทคโนโลยีใหม่ มีราคาค่าติดตั้งสูงตามขนาดการจ่ายกำลังและการกักเก็บพลังงาน ดังนั้น การออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายจึงมีความสำคัญ

การกำหนดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย รวมถึงกำลังผลิตและความต้องการไฟฟ้าภายในพื้นที่ที่ไม่สามารถควบคุมสั่งการได้ หากความผิดพร่องเกิดขึ้นบนสายส่งเชื่อมโยงสู่ไมโครกริด เป็นเหตุให้การรับพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกนั้นถูกตัดขาดและไมโครกริดจำเป็นต้องพึ่งพาตนเองด้วยกำลังการผลิตภายในและแบตเตอรี่ หากพลังงานสะสมนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า จะนำไปสู่เหตุการณ์ไฟฟ้าดับในไมโครกริดนั้น ๆ การจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริดจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่ต้องการ

บทความทางวิชาการที่เกี่ยวกับการออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดจำนวนหนึ่ง ได้กล่าวถึง ผลกระทบในระยะสั้นของระบบกัก

เก็บพลังงานที่มีต่อเสถียรภาพความถี่ [2] การออกแบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานสำหรับไมโครกริดนั้น โดยส่วนมากจะมีค่าใช้จ่ายเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ แต่จะ นำเสนอเงื่อนไขและวิธีหาคำตอบที่แตกต่างกัน เช่น บทความ [3] จะคำนึงถึงการดำเนินการอย่างเหมาะที่สุดและการจัดหากำลังการผลิตอย่างประหยัด บทความ [4] นำเสนอการหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับกักเก็บพลังงานแบบผสม (Hybrid energy storage) และบทความ [5] นำเสนอแบบจำลองการวางแผนการทำงานของระบบไฟฟ้าเพื่อหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าและกำลังการผลิตล่วงหน้าสามารถเพิ่มความแม่นยำในการออกแบบระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้ ในบทความ [6] จะมีโปรแกรมสำหรับพยากรณ์ความเร็วลมและความเข้มข้นของแสงอาทิตย์เป็นฟังก์ชันข้อจำกัดเพื่อหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

นอกจากนี้ การตอบสนองทางด้านอุปสงค์ (Demand Response) สามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริด ซึ่งส่งผลต่อการลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่ไมโครกริดต้องการได้ เช่น บทความ [7] กล่าวถึงการควบคุมโหลดในกรณีฉุกเฉิน โดยผู้ใช้ไฟฟ้าต้องลำดับตัวแปรความสะดวกสบาย (Comfort parameters) แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อตัดการทำงานเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือละทิ้งค่าความสะดวกสบายให้น้อยที่สุดและระบบยังคงอยู่ได้ บทความ [8] กล่าวถึงการออกแบบระบบตลาดเพื่อแลกเปลี่ยนความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อตอบสนองทางด้านอุปสงค์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า บทความ [9] กล่าวถึงการออกแบบแผนการตอบสนองทางด้านอุปสงค์สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยทฤษฎีเกม บทความ [10] กล่าวถึง การออกแบบแผนการสอบสนองทางด้านอุปสงค์สำหรับโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะด้วยระบบการประมูลแบบสุ่ม โดยในบทความที่ [8-10] นั้นมุ่งเน้นที่กำไรที่เกิดจากการควบคุมอุปสงค์เป็นหลัก

แนวคิดสำคัญของวิทยานิพนธ์นี้ คือ การนำเสนอขั้นตอนวิธีสำหรับการหาขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน โดยจะออกแบบสำหรับสำรองพลังงานให้ระบบเพื่อป้องกันการเกิดไฟฟ้าดับเท่านั้น ขั้นตอนวิธีการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นจะเริ่มจากการบริหารจัดการเพื่อพึ่งพากำลังผลิตภายในพื้นที่ให้สูงที่สุดในภาวะการทำงานปกติ เพื่อลดความต้องการไฟฟ้าจากภายนอก ซึ่งหากเกิดความผิดพร่องบนสายส่งเชื่อมโยง ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าทดแทนโดยมีขนาดเท่ากับกำลังไฟฟ้าภายนอกที่หายไป และสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับไมโครกริดได้ตามระยะเวลาที่ต้องการขณะแยกโดด นอกจาก นี้การจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในพื้นที่ยังคงสามารถลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อหาขนาดพิกัดทางด้านกำลังและพลังงานที่เหมาะที่สุดสำหรับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ด้วยแนวคิดการพึ่งพากำลังผลิตภายในพื้นที่ และการบริหารจัดการความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในพื้นที่

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ข้อมูลโหลดและกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน รวมถึงรูปแบบระบบไฟฟ้ากำลังอ้างอิงจากปี พ.ศ. 2557 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่ความยั่งยืนทางด้านพลังงาน โดยบริหารจัดการแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายในพื้นที่เพื่อลดการพึ่งพากำลังไฟฟ้าจากภายนอก

การทำงานของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนจะถูกแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดเชื่อมต่อกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและโหมดทำงานแยกโดด เพื่อหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่สามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ให้กับระบบไฟฟ้า

ศึกษาผลจากการควบคุมโหลดโดยตรงที่มีต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ในแต่ละฤดูกาล ด้วยวิธีการลดความต้องการใช้พลังงานแบบร้อยละ และการจำกัดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

1.4 ขั้นตอนวิธี

ขั้นตอนวิธีการหาค่าที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

2. สำรวจและเก็บข้อมูลขององค์ประกอบต่าง ๆ ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อสร้างแบบจำลองไมโครกริด

3. กำหนดปัญหาค่าเหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

4. วิเคราะห์ผลลัพธ์ของการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่สุด

5. จำลองผลเพื่อหาค่าดัชนีบ่งชี้ความเชื่อถือ

6. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่และการควบคุมโหลดโดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รับขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับไมโครกริดของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนโดยสามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าและใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงานของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน โดยแบ่งออกเป็น 7 บท ดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง การทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครกริดและระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาขนาดที่เหมาะของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริด และการควบคุมความโหลดภายในไมโครกริดในกรณีฉุกเฉิน และวิธีการประเมินความเชื่อถือได้สำหรับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 3 กล่าวถึง แนวคิดการออกแบบไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงาน โดยกล่าวถึงความเป็นมาและแรงขับเคลื่อนสำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อพัฒนาต่อยอดสู่ไมโครกริด รวมถึงกำลังผลิต ลักษณะโหลดภายใน และระบบจำหน่ายไฟฟ้าของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน โดยอ้างอิงจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2557

บทที่ 4 กล่าวถึง ขั้นตอนวิธีการหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งประกอบไปด้วยแนวคิดในการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดห่างไกล การกำหนดตัวแปรและการหาขนาดที่เหมาะที่สุด ทั้งในโหมดเชื่อมต่อกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้า และโหมดทำงานแยกโดด เพื่อหาคำตอบทางด้านกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

บทที่ 5 กล่าวถึง ผลการทดสอบ โดยนำอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมาทดสอบกับขั้นตอนวิธีการหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานของการทดสอบ ผลการทดสอบในโหมดเชื่อมต่อกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2557 เพื่อให้ได้รับขนาดทางด้านกำลังไฟฟ้า หลังจากนั้นจึงทดสอบเดือนที่มีขนาดด้านกำลังไฟฟ้าที่สูงที่สุดในโหมดทำงานแยกโดด เพื่อให้ได้รับขนาดด้านพลังงานไฟฟ้า และนำผลลัพธ์ทั้งหมดมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

บทที่ 6 กล่าวถึง การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เมื่อคำนึงถึงการควบคุมโหลดโดยตรง โดยการควบคุมโหลดโดยตรงนั้นแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การควบคุมร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ หมายถึง การลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เป็นอัตราส่วนร้อยละ และการควบคุมความต้องการสูงสุด หมายถึง การกำหนดความต้องการสูงสุดของโหลดไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

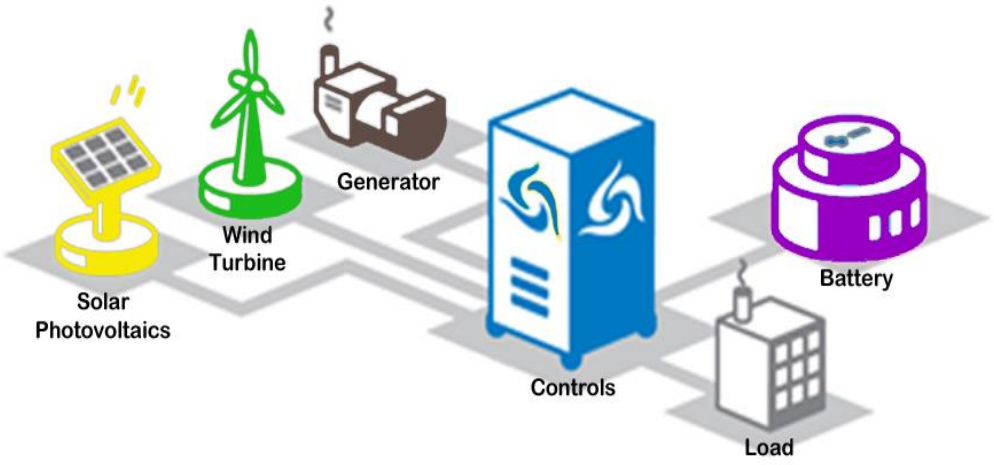
บทที่ 7 กล่าวถึง บทสรุป ประโยชน์ที่ได้ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องของการหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ รวมถึงการลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่โดยการควบคุมโหลดโดยตรง พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ความรู้พื้นฐาน

2.1 ไมโครกริด

โครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็ก (ไมโครกริด) คือระบบไฟฟ้ากำลังขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าหลัก หรือทำงานแบบแยกโดด ที่มีขอบเขตและผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ระบบผลิต ระบบจำหน่าย และ ผู้ใช้ไฟฟ้า ไมโครกริดจะทำงานโดยมีทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ขนาดเล็กดังรูปที่ 1 [11] แหล่งกำเนิดภายในมีหน้าที่ผลิตไฟฟ้าเพื่อเลี้ยงระบบไมโครกริด ซึ่งสามารถรองรับได้ทั้งพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานฟอสซิล เนื่องจากมีระบบควบคุมและจัดการพลังงานเป็นศูนย์กลางที่สามารถจัดการความไม่แน่นอนของการผลิตที่เกิดจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนได้ และมีแบตเตอรี่สำหรับสำรองระบบไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน หรือจัดการปรับความไม่ราบรื่นของกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ แต่ละองค์ประกอบของไมโครกริดจะมีการทำงานที่แตกต่างกับโครงข่ายไฟฟ้าแบบปัจจุบัน ดังที่แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของไมโครกริด [11]

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบหน้าที่ในแต่ละองค์ประกอบของกริดแบบปัจจุบันและไมโครกริด [12]

องค์ประกอบ	กริดแบบปัจจุบัน	ไมโครกริด
ระบบผลิต	ใช้โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ พึ่งพาแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิล กำลังผลิตมีความมั่นคงสูง ตั้งอยู่ไกลจากบริเวณผู้ใช้ไฟฟ้า	ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบกระจาย(Distributed Generation, DG) พึ่งพาแหล่งพลังงานหมุนเวียน มีกำลังผลิตที่ไม่แน่นอน สามารถตั้งอยู่ในพื้นที่ของผู้ใช้ไฟฟ้า
ระบบส่ง	จำเป็นจะต้องมีการขยายระบบส่งเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงตามแนวโน้มความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น มีกลไกการเฝ้าสังเกตสถานะระบบ การควบคุมและสั่งการที่จำกัด หากเกิดปัญหาในระบบส่งจะนำไปสู่การเกิดไฟฟ้าดับในบริเวณวงกว้าง	ไมโครกริดทำงานในพื้นที่ขนาดเล็ก จึงไม่มีระบบส่ง
ระบบจำหน่าย	รับไฟฟ้าจากระบบส่งเป็นหลัก ไม่มีกำลังผลิตไฟฟ้าเชื่อมต่อยู่ การปฏิบัติควบคุมการและป้องกันระบบไม่ซับซ้อน เนื่องจากเป็นไหลของกำลังไฟฟ้ามีทิศทางเดียว	รับไฟฟ้าจากระบบส่งและระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กต่าง ๆ มีความซับซ้อนในการควบคุมระบบเนื่องจากการไหลของกำลังไฟฟ้ามีได้หลายทิศทาง
ผู้ใช้ไฟฟ้า	ประกอบด้วยอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก ไม่สามารถตระหนักรู้และมีส่วนร่วมกับการจัดการพลังงานได้	ประกอบด้วยอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าและระบบผลิตพลังงานขนาดเล็กมาก สามารถแจ้งเตือนผู้ใช้ไฟฟ้าให้ตระหนักรู้ และมีส่วนร่วมในการจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันเทคโนโลยีไมโครกริดได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางซึ่งสามารถจัดกลุ่มของไมโครกริดได้ 5 ประเภทดังนี้ [13]

1. ไมโครกริดของหน่วยงานเจ้าของพื้นที่ (Institutional and campus microgrid) คือ ไมโครกริดที่อยู่ภายในพื้นที่ที่แน่นอน จัดการโดยภาครัฐ หรือหน่วยงานผู้มีอำนาจตัดสินใจต่าง ๆ เพียงผู้เดียว เช่น สถานที่ราชการ มหาวิทยาลัย หรือสถาบันต่าง ๆ

2. ไมโครกริดในพื้นที่การค้า หรืออุตสาหกรรม (Commercial and industrial microgrid) คือ ไมโครกริดที่ตั้งอยู่ในแหล่งอุตสาหกรรมหรือย่านการค้าที่มีผู้ให้บริการเพียงผู้เดียว ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับไมโครกริดประเภทที่ 1 แต่จะซับซ้อนกว่า เนื่องจากผู้ให้บริการจะต้องสามารถตอบรับความต้องการของลูกค้าทุกคนได้ โดยมีผู้ให้บริการเพียงรายเดียว

3. ไมโครกริดเขตพื้นที่ทหาร (Military micogrid) เป็นไมโครกริดขนาดที่สุด ซึ่งจะให้บริการกับสถานที่และลูกค้าในจำนวนที่แน่นอน และต้องการความปลอดภัยด้านไฟฟ้าระดับสูง โดยจะมีแหล่งกำเนิดภายในทั้งแบบใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและพลังงานหมุนเวียน เพื่อรักษาพลังงานสำรองสำหรับไมโครกริด

4. ไมโครกริดชุมชน หรือของการไฟฟ้า (Community and utility microgrid) คือ ไมโครกริดที่ประกอบไปด้วยผู้ใช้บริการที่หลากหลาย ทั้งอุตสาหกรรม การค้า และที่อยู่อาศัย ซึ่งอาจจะอยู่ในพื้นที่ชานเมืองหรือพื้นที่เกษตรนอกเมือง ที่สามารถเชื่อมต่อกับกริดภายในเมืองได้

5. ไมโครกริดแบบเกาะ หรือไมโครกริดในพื้นที่ห่างไกล (Island and remote microgrid) คือ ไมโครกริดในพื้นที่ห่างไกลที่อาจไม่สามารถหรือไม่สะดวกในการเชื่อมต่อกับกริดภายในเมืองได้ ดังนั้น ไมโครกริดดังกล่าวจะต้องออกแบบให้สามารถเลี้ยงตนเองได้

ประโยชน์ที่ได้รับจากไมโครกริดคือ เพิ่มความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า เนื่องจากไมโครกริดสามารถบริหารจัดการแหล่งกำเนิดภายในเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าจากสายส่ง และสามารถแทนที่ได้ด้วยระบบพลังงานสำรอง เช่น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายไฟฟ้าทันทีที่เกิดความผิดพร่อง รวมถึงไมโครกริดสามารถใช้ประโยชน์จากพลังงานหมุนเวียนได้สูงสุดอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อทำงานร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่และศูนย์ควบคุมการจัดการพลังงาน

ปัจจุบันมีไมโครกริดที่ทำงานแล้ว เช่น เกาะบอร์นโฮล์ม ประเทศเดนมาร์ค [14] เป็นไมโครกริดที่สามารถเลี้ยงตนเองได้ โดยมีเจ้าของเป็นบริษัทเอกชน ปัจจุบันเป็นไมโครกริดเพื่อการเรียนรู้ในแถบยุโรป มีผู้ใช้ไฟฟ้า 28,000 ราย มีค่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ 63 เมกะวัตต์ ความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากลมนับเป็นร้อยละ 30.2 ของความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และการผลิตไฟฟ้าในส่วนที่เหลือมาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวล

ไมโครกริดเมืองฮาชิโนเห้ ประเทศญี่ปุ่น [14] เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของไมโครกริด โดยมีเป้าหมายคือการพัฒนาระบบการทำงานและควบคุมที่เหมาะสม ทั้งในด้านกำลังไฟฟ้า และค่าใช้จ่าย โดยศูนย์ควบคุมนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าหมุนเวียนเท่านั้น รวมถึงระบบยังสามารถทำงานแบบแยกโดดได้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ปัจจุบันพบว่าไม่ได้ทำงานต่อเนื่องจากปัญหาด้านเงินทุน

2.2 ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ระบบกักเก็บพลังงาน หมายถึง ระบบที่แปลงผันพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบอื่นเพื่อสะสม และสามารถเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ทุกเวลา ด้วยคุณสมบัติที่สามารถควบคุมและสั่งการให้สะสม หรือจ่ายพลังงานได้อย่างรวดเร็ว โดยจะมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วนคือ

1.) แหล่งกักเก็บพลังงาน มีหน้าที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้า มีความจุเป็นเมกะวัตต์-ชั่วโมง (MWh)

2.) ระบบปรับสภาพกำลังไฟฟ้า มีหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งกักเก็บพลังงานที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรงกับระบบโครงข่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

3.) ระบบระบายความร้อน มีหน้าที่ระบายความร้อนเพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงจนเกินไป

4.) ระบบควบคุม มีหน้าที่ควบคุมการสะสมหรือจ่ายพลังงานภายในแหล่งกักเก็บพลังงาน

เทคโนโลยีของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นมีความสำคัญและส่งผลต่อรูปแบบในการใช้งาน โดยเทคโนโลยีที่นิยมสำหรับไมโครกริด คือ กรดตะกั่ว (Lead-acid) นิกเกิลแคดเมียม (Nickel-cadmium) ลิเธียมไอออน (Lithium-ion) โซเดียมซัลเฟอร์ (Sodium-sulfur) รวมถึง โฟลว์แบตเตอรี่ (Flow Batteries) ในตารางที่ 2 แสดงถึงการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางเทคนิคต่าง ๆ แต่ละเทคโนโลยี [15] พบว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนคือลิเธียมไอออน เนื่องจากสามารถจ่ายและรับกระแสได้รวดเร็วเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น ๆ จึงเหมาะสมสำหรับการสำรองไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินที่ต้องการความรวดเร็ว รวมถึงเป็นเทคโนโลยีที่แพร่หลาย จึงมีการศึกษาเพื่อพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และสะดวกต่อการซ่อมบำรุง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ ในแต่ละเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ [15]

ชนิดเทคโนโลยี	ประสิทธิภาพพลังงาน (ร้อยละ)	พลังงานจำเพาะ (วัตต์-ชั่วโมง/กก.)	กำลังไฟฟ้าจำเพาะ (วัตต์/กก.)	อายุการใช้งาน* (รอบ)	อัตราการสูญเสียพลังงานไปเอง (ณ อุณหภูมิห้อง)
กรดตะกั่ว	70 - 85	30 – 50	180	200 – 300	ต่ำ (1 – 5% ต่อเดือน)
นิดเกิลแคดเมียม	60 – 70	45 – 80	140 – 180	1000	ปานกลาง (10% ต่อเดือน)
ลิเธียมไอออน	58 – 90	60 – 190	250 – 340	500 – 2000	ปานกลาง (2 – 10% ต่อเดือน)
โซเดียมซัลเฟอร์	85 – 90	110 – 130	120	2500 – 5000	ละเลยได้
วาเนเดียมรีดอกซ์	80 – 85	5 – 10	80 – 150	> 13,000	ละเลยได้

* ประมาณที่การใช้งานด้วยความลึกของการคายประจุร้อยละ 80 – 100 (80 – 100% Depth of Discharge)

ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ จะถูกกำหนดด้วย อัตราส่วนการอัดประจุไฟฟ้า (Charge rates หรือ C - rates) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่อธิบายถึงการประจุกระแสไฟฟ้าเป็นอัตราส่วนต่อความจุของแบตเตอรี่ แสดงถึงความสามารถในการอัดประจุไฟฟ้าเต็มภายในเวลา ดังกล่าวเช่น 1C-rate หมายถึงแบตเตอรี่สามารถอัดประจุได้เต็มภายใน 1 ชั่วโมง 5C-rate หมายถึงแบตเตอรี่สามารถอัดประจุได้เต็มภายใน 1/5 ชั่วโมง โดยทั่วไปแบตเตอรี่มีอัตราส่วนการอัดประจุตั้งแต่ 0.5C ถึง 5C

2.3 การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

การหาขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นถูกวิจัยอย่างกว้างขวาง โดยในหลายบทความนั้นมีแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน คือ แนวคิดที่จะลดค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้ง และการทำงาน รวมถึงการซ่อมแซมให้มากที่สุด โดยคำนึงถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับไมโครกริดที่สนใจ เช่น บทความ [5] มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นผลรวมของค่าใช้จ่าย 3 ส่วนนั่นคือ ค่าใช้จ่าย

สำหรับการติดตั้ง ค่าใช้จ่ายสำหรับการซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงาน โดยค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งนั้น แปรผันตรงกับขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ทั้งพิกัดทางด้านกำลังไฟฟ้าและพิกัดทางด้านพลังงานไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายสำหรับการซ่อมบำรุง จะคำนึงถึงขนาดประสิทธิภาพ และระยะเวลาทำงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ และค่าใช้จ่ายสำหรับการทำงาน จะคำนึงถึงค่าเชื้อเพลิง ค่าเริ่มต้นทำงาน ซึ่งคำนวณเป็นขั้นเวลา

สำหรับเงื่อนไขจำกัดที่พิจารณาจะเปลี่ยนแปลงตามแต่ละไมโครกริด เช่น บทความ [6] มุ่งเน้นที่การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนและคำนึงถึงการพยากรณ์พลังงานหมุนเวียนเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมกับไมโครกริดสำหรับการจัดการพลังงานหมุนเวียน โดยที่มีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด ดังนั้นการสร้างสมการเงื่อนไขจำกัดจึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและความสนใจในแต่ละไมโครกริด

2.4 การควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้ากรณีฉุกเฉินภายในไมโครกริด

ความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ บทความ [7] กล่าวถึงการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริดเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน โดยผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าตามเงื่อนไขระยะเวลาเพื่อลำดับการตัดไฟฟ้าของอุปกรณ์เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น เพื่อทำให้การตัดไฟฟ้าส่งผลต่อความไม่สะดวกสบายของผู้ใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุด

ปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินในไมโครกริดคือ ความสามารถในการสำรองไฟฟ้าของไมโครกริด ความสามารถในการควบคุมแหล่งสำรองพลังงานภายในไมโครกริด แหล่งพลังงานสำรองที่ไม่สามารถควบคุมได้ โหลดที่มีความคล่องตัวอย่างเช่นรถยนต์ไฟฟ้า และความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริดเมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการผลิต โดยมีเป้าหมายสำหรับการควบคุมโหลดดังนี้

1) ปลดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้น้อยที่สุด

2) ใช้ระยะเวลาในการปลดโหลดให้น้อยที่สุด

3) ไมโครกริดจะต้องมีพลังงานสำรองที่เพียงพอสำหรับควบคุมความถี่เมื่อเกิดการรบกวนต่าง ๆ เช่น ความผิดพร่องที่สายส่ง หรือ ภัยพิบัติต่าง ๆ

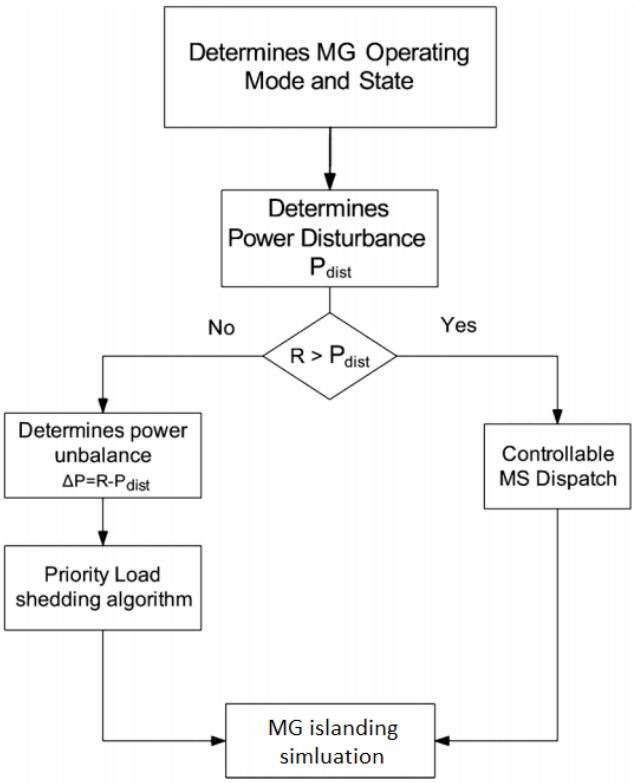
4) สามารถปรับปรุงความถี่ในช่วงเวลาสั้น ๆ ได้

ลำดับขั้นตอนการทำงานเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินในไมโครกริดแสดงดังรูปที่ 2 โดยเริ่มจากการพิจารณาสถานะและโหมดการทำงานของไมโครกริด หลังจากนั้นจึงพิจารณาค่าความต่างของ

กำลังไฟฟ้าที่ไม่สมดุลที่เกิดขึ้น เพื่อสำรวจความเพียงพอของพลังงานไฟฟ้าสำรองภายในไมโครกริดนั้นเพียงพอต่อระบบหรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 กำลังไฟฟ้าสำรองไม่เพียงพอ จะต้องพิจารณาถึงกำลังไฟฟ้าที่ต้องการเพิ่ม และลำดับการปลดโหลดที่จำเป็นจนกระทั่งมีกำลังไฟฟ้าที่เพียงพอ แล้วจึงทำงานแบบแยกโดด

กรณีที่ 2 กำลังไฟฟ้าสำรองเพียงพอ ดำเนินการควบคุมแหล่งพลังงานสำรอง (Microsource : MS) เพื่อทำงานแบบแยกโดด



รูปที่ 2 ขั้นตอนวิธีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินในไมโครกริด [7]

2.5 การประเมินความเชื่อถือได้

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า หมายถึง ความมั่นคงในระบบไฟฟ้า โดยสามารถทราบได้จากดัชนีต่าง ๆ ซึ่งแต่ละค่าสามารถบอกถึงความเชื่อถือไฟฟ้าได้ต่างกัน ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้กล่าวถึงค่าเฉลี่ยความถี่ที่ระบบเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Frequency Index หรือ SAIFI) และค่าเฉลี่ยระยะเวลาที่เกิดระบบไฟฟ้าขัดข้อง (System Average Interruption Duration Index หรือ SAIDI) เท่านั้น

ความสำคัญของค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านั้น คือเป็นค่ามาตรฐานที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการให้บริการหรือจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ดังกล่าวได้ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถช่วยตัดสินใจในการลงทุนสร้างอุตสาหกรรมหรือเลือกพื้นที่อยู่อาศัย โดยแต่ละค่าสะท้อนถึงลักษณะการเกิดไฟฟ้าดับในแบบต่าง ๆ เช่น เกิดไฟฟ้าดับบ่อยครั้งแต่เป็นระยะเวลาสั้น ๆ หรือเกิดไฟฟ้าดับน้อยครั้งแต่มีระยะเวลานาน เป็นต้น โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ค่า SAIFI และ SAIDI เป็นค่าบ่งชี้ความเชื่อถือไฟฟ้าได้ก่อนและหลังติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เข้าสู่ไมโครกริด ซึ่งทั้งก่อนและหลังจะมีวิธีการคำนวณแตกต่างกัน

2.5.1 การคำนวณค่า SAIFI และ SAIDI ในอดีต

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอดีตมีความสำคัญ ทั้งนี้ เพื่อทราบถึงระดับความเชื่อถือได้ที่เกิดขึ้นจริง และนำมาหาข้อสรุปและวิธีแก้ปัญหาเฉพาะจุด โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

$$SAIFI = \frac{\sum N_C}{\sum N} \quad (2.1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum N_C \times d}{\sum N} \quad (2.2)$$

N_C หมายถึง จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบ

N หมายถึง จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

d หมายถึง ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ

โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นสามารถได้รับจากผู้ให้บริการระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในพื้นที่นั้นๆ โดยในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นมีผู้ใช้ไฟฟ้ารวม 16,800 ราย

2.3.2 การคำนวณค่า SAIFI และ SAIDI ที่คาดหวัง

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตนั้น จำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลแต่ละอุปกรณ์เพื่อคำนวณ โดยต้องการค่า อัตราความล้มเหลว (Failure Rate) และอัตราการซ่อมแซม (Repair Rate) สำหรับคำตอบ SAIFI และ SAIDI ซึ่งใช้สำหรับการวางแผนการขยายระบบ โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \quad (2.3)$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N_i} \quad (2.4)$$

λ_i หมายถึง อัตราความล้มเหลวของแต่ละจุดโหลด i

U_i หมายถึง ช่วงเวลากระแสไฟฟ้าตกประจำปีของแต่ละจุดโหลด i

N_i หมายถึง จำนวนผู้ใช้บริการไฟฟ้าในแต่ละจุดโหลด i

ข้อมูลทั้งหมดนั้นไม่สามารถหาได้โดยตรง แต่มีข้อมูลบันทึกทางสถิติของแต่ละพื้นที่ไว้เป็นค่าเฉลี่ย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การออกแบบไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อความยั่งยืนด้านพลังงาน

3.1 แนวคิดการออกแบบไมโครกริด

ปัญหาของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในปัจจุบันคือ เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าต่ำที่สุดในประเทศไทย อันเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศ ทำให้ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่พื้นที่เป็นเหมือนกับเกาะที่ล้อมรอบไปด้วยป่าและภูเขา ซึ่งเป็นเขตอนุรักษ์ลุ่มน้ำและพื้นที่อุทยานแห่งชาติตลอดเส้นทางของสายส่งไฟฟ้า รวมถึงสภาพอากาศที่ต้องเผชิญเป็นภัยธรรมชาติ ได้แก่ พายุมรสุม ดินโคลนถล่ม น้ำหลากในฤดูฝน หรือแม้แต่ไฟป่าในฤดูแล้ง ทำให้สายส่งดังกล่าวมีความเชื่อถือได้ต่ำและมีปัญหาบ่อยครั้ง อีกทั้งเส้นทางที่ยากต่อการเข้าถึง จึงทำให้การกู้คือระบบเป็นไปได้ช้ากว่าปกติทั่วไป

ศักยภาพทางด้านพลังงานของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นนับว่าสูงมาก เนื่องจากเป็นเมืองที่มีผู้คนอาศัยเป็นจำนวนน้อย และโดยส่วนมากเป็นพื้นที่สำหรับอยู่อาศัย ไม่มีธุรกิจหรืออุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ ความต้องการใช้ไฟฟ้าจึงมีขนาดที่เล็ก รวมถึงพื้นที่ภายในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นเอื้ออำนวยต่อการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ และแสงอาทิตย์ ในปัจจุบัน อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีกำลังผลิตภายในพื้นที่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในฤดูฝน แต่เนื่องจากเขื่อนแม่สะงาไม่สามารถทำงานได้เต็มกำลังในฤดูแล้ง เนื่องจากไม่มีน้ำเพียงพอในอ่างกักเก็บน้ำ จึงส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง

ทั้งนี้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ ดังนั้นการปรับปรุงพื้นที่ดังกล่าวจึงจะต้องเป็นไปบนพื้นฐานของชุมชนสีเขียว มุ่งเน้นถึงคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัย ความหลากหลายทางชีวภาพของป่าและความหลากหลายของวัฒนธรรมพื้นเมือง ซึ่งนับเป็นข้อจำกัดของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน เนื่องจากไม่สามารถขยายพื้นที่หรือก่อสร้างภายในพื้นที่ป่าหรือเขตอนุรักษ์ได้

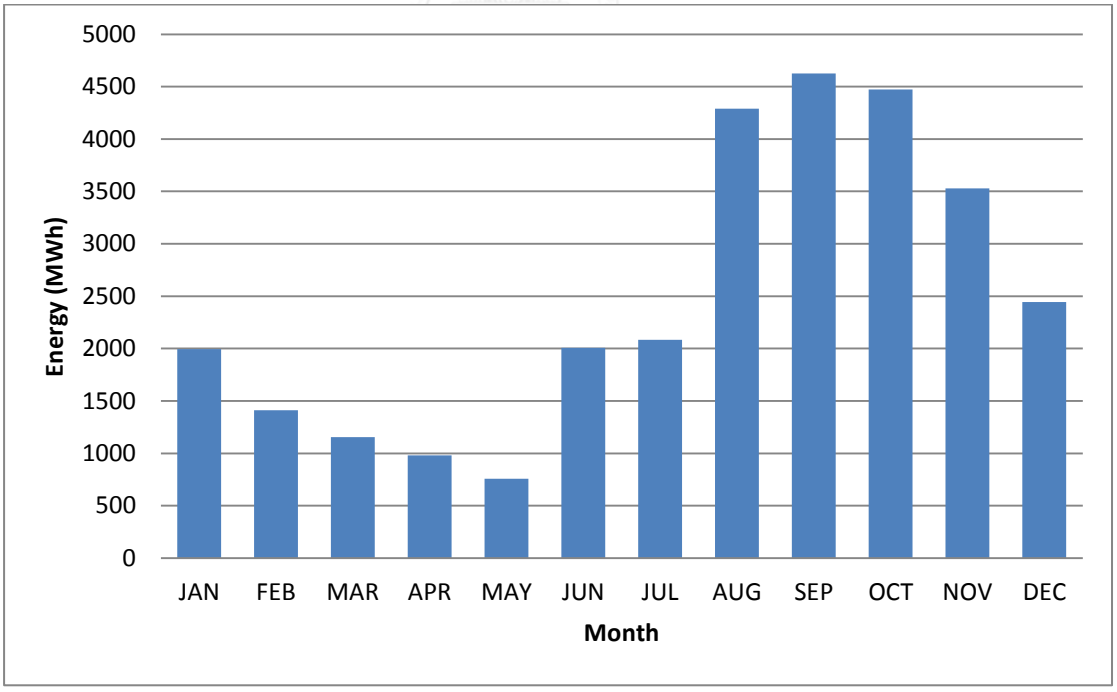
ไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเพื่อความยั่งยืนทางด้านพลังงาน มีเป้าหมายที่จะมุ่งเน้นการใช้พลังงานภายใน เพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งที่มีความเชื่อถือได้ต่ำ ดังนั้น จึงต้องมีการควบคุมและจัดการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ดี เพื่อที่จะทำให้การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนสามารถเชื่อถือได้ ซึ่งการปฏิบัติงานในรูปแบบไมโครกริดนั้นสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสายส่งที่มีความเชื่อถือได้ต่ำ รวมถึงสามารถจัดการการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสมหากมีระบบกักเก็บพลังงานภายในพื้นที่ ซึ่งสามารถทำงานได้ในพื้นฐานของชุมชนท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ และคงไว้ซึ่ง

พื้นที่ของป่าและธรรมชาติ รวมถึงเป็นแหล่งเรียนรู้ของการสร้างความยั่งยืนทางด้านพลังงานภายใต้การอนุรักษ์ธรรมชาติได้

3.2 ความสามารถในการผลิตไฟฟ้า

กำลังผลิตภายในพื้นที่ของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในปัจจุบันประกอบไปด้วย โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ 2 แห่ง โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟาร์ม 1 แห่ง และโรงไฟฟ้าดีเซล 1 แห่ง โดยมีขนาดกำลังไฟฟ้าติดตั้งทั้งหมดเป็น 16.09 เมกะวัตต์ และสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เป็นร้อยละ 80 ของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้ารายปีของพื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [12]

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เขื่อนแม่สะงา เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตติดตั้งอยู่ที่ 10.34 เมกะวัตต์ สามารถรองรับน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าได้ 132 เมกะวัตต์ชั่วโมง สามารถเดินเครื่องได้ด้วยตนเองและใช้เวลาในการเริ่มเดินเครื่อง 5 นาที ปัจจุบันเดินเครื่องในรูปแบบน้ำล้น สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปี โดยมีกำลังผลิตขึ้นอยู่กับฤดูกาล สูงสุดที่ 6.4 เมกะวัตต์ชั่วโมง เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าของฝ่ายจำหน่ายใช้รับซื้อไฟฟ้า รวมถึงมีความจำเป็นจะต้องปล่อยน้ำล้นออกมาทางช่องระบายน้ำในบางเวลา เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับกิจกรรมท่องเที่ยว โดยรูปที่ 3 แสดงถึงพลังงานไฟฟ้าที่เขื่อนแม่สะงาสามารถผลิตได้จากน้ำในแต่ละเดือน ของปี พ.ศ. 2557



รูปที่ 3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากน้ำในแต่ละเดือนของเขื่อนแม่สะงา ปีพ.ศ. 2557

2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เขื่อนแม่ฮ่องสอน เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตติดตั้งอยู่ที่ 850 กิโลวัตต์ แต่โดยทั่วไปนั้นสามารถผลิตได้ไม่เกิน 650 กิโลวัตต์ ปัจจุบันเดินเครื่องในรูปแบบน้ำล้นและไม่มีอ่างเก็บน้ำ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตลอดทั้งปี โดยมีกำลังผลิตขึ้นอยู่กับฤดูกาล

3) โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟาร์ม มีกำลังผลิตติดตั้งอยู่ที่ 500 กิโลวัตต์ กำลังผลิตไฟฟ้าโดยรวมขึ้นอยู่กับความเข้มแสงตกกระทบกับพื้นที่รับแสง ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้สูงสุด 350 กิโลวัตต์

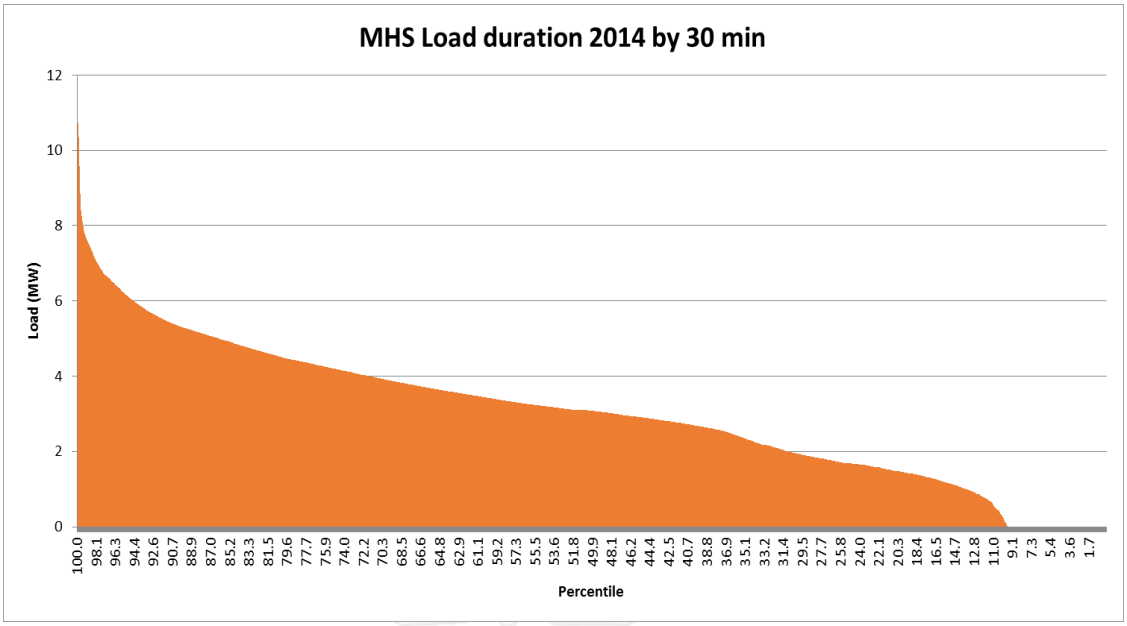
4) โรงไฟฟ้าดีเซล มีกำลังผลิตติดตั้งอยู่ที่ 4.4 เมกะวัตต์ชั่วโมง โดยทั่วไปนั้นสามารถผลิตได้สูงสุดที่ 3.6 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถเดินเครื่องด้วยตนเองได้และใช้เวลาประมาณ 5 นาที มีถังกักเก็บน้ำมันเป็นพลังงานสำรองอยู่ที่ 1,200 เมกะวัตต์ชั่วโมง ปัจจุบันใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองให้แก่พื้นที่ในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น

3.3 ความต้องการใช้ไฟฟ้า

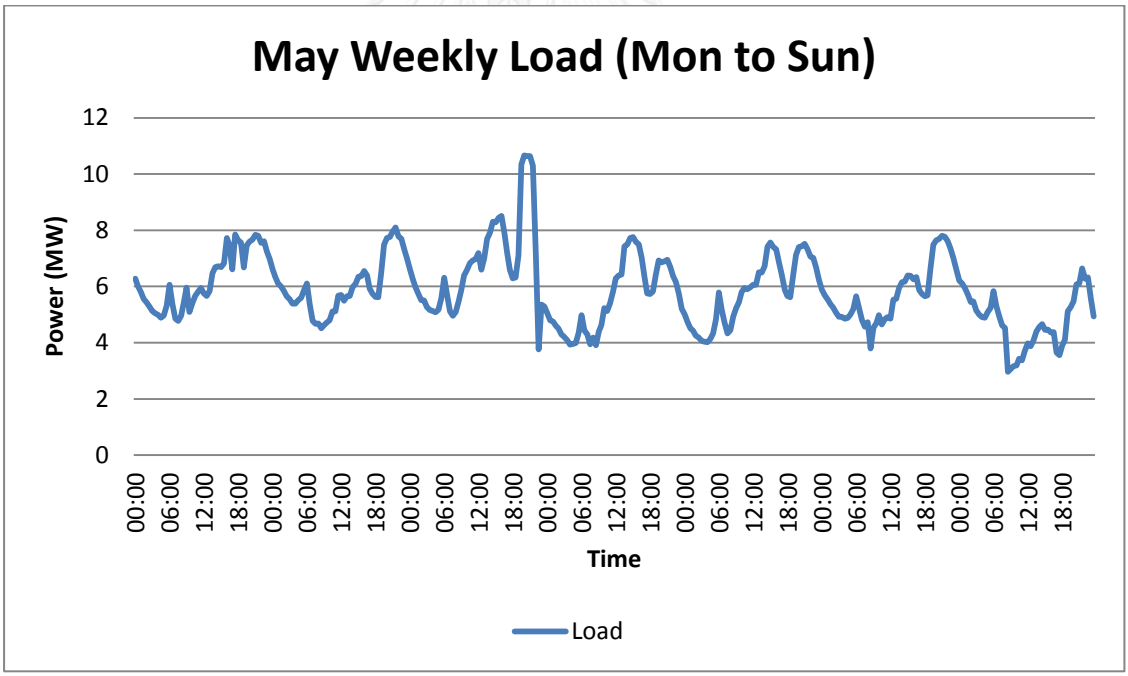
อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเป็นพื้นที่อยู่อาศัยซึ่งประกอบไปด้วยบ้านเรือน หน่วยงานราชการ โรงพยาบาล สถานศึกษา สนามบิน สถานประกอบการธุรกิจโรงแรม สถานที่สำคัญทางวัฒนธรรมและวิถีชีวิต นอกจากนี้ยังมีสถานีวิจัยศูนย์การพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อย่างไรก็ดี ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมที่จำเป็นจะต้องใช้ไฟฟ้าเป็นปริมาณมากอยู่ภายในพื้นที่ นอกจากโรงงานผลิตน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวน 2 แห่ง

ข้อมูลพื้นที่ ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 ชี้ว่าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ามีจำนวนรวมทั้งสิ้นประมาณ 16,800 ราย ส่วนใหญ่นั้นเป็นบ้านที่อยู่อาศัย และเป็นกิจการขนาดเล็กและกลางอีกเพียงเล็กน้อย จึงทำให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีเส้นโค้งลักษณะช่วงเวลาของความต้องการใช้ไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2557 ดังรูปที่ 4

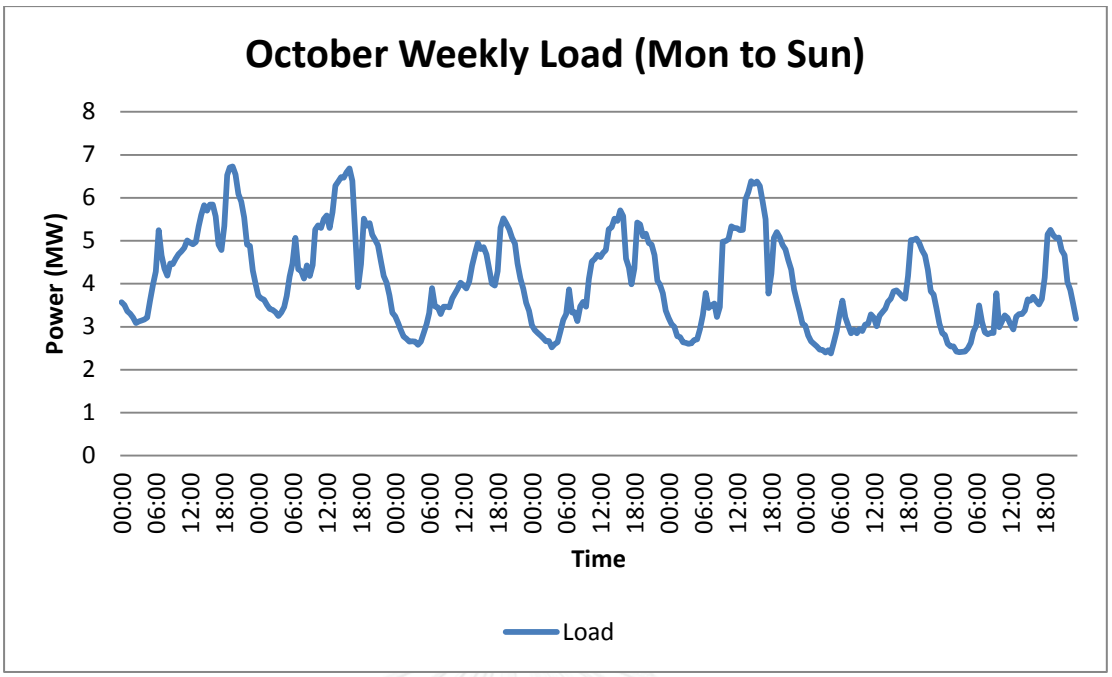
ฤดูกาลเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและกิจกรรมท่องเที่ยว รวมถึงกำลังผลิตที่เกิดจากพลังน้ำนั้นขึ้นอยู่กับฤดูกาลดังรูปที่ 3 และในรูปที่ 5 แสดงถึงความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ในเดือนพฤษภาคม (ซึ่งเป็นฤดูที่มีน้ำน้อย) รูปที่ 6 แสดงถึงความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ของเดือนตุลาคม (ซึ่งเป็นฤดูที่มีน้ำมาก) พบว่าเดือนพฤษภาคมนั้นมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงที่สุดเนื่องจากเป็นฤดูร้อนและมีน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าน้อยเช่นกัน



รูปที่ 4 เส้นโค้งลักษณะช่วงเวลาของความต้องการใช้ไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2557



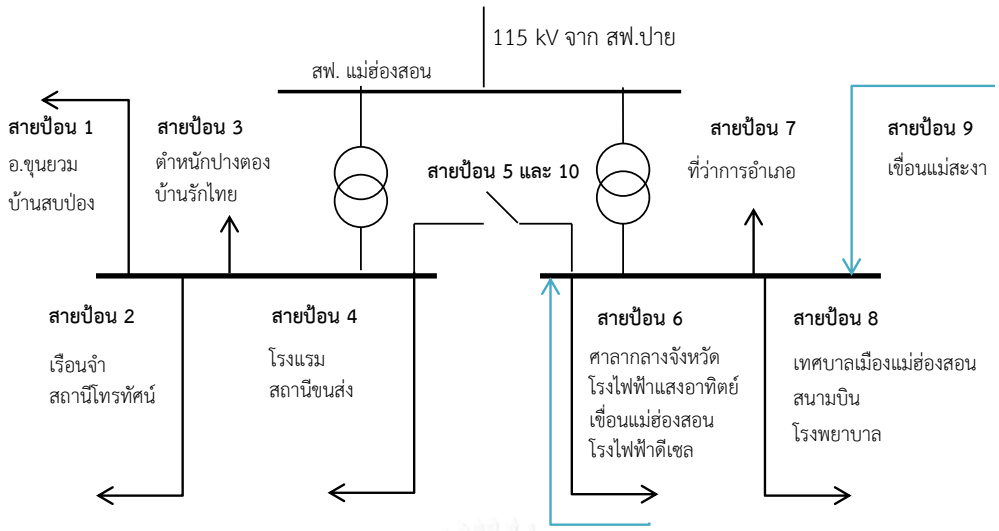
รูปที่ 5 ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ของเดือนพฤษภาคมของเขื่อนแม่สะงาในปี พ.ศ. 2557



รูปที่ 6 ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์ของเดือนตุลาคมของเขื่อนแม่สะงาในปี พ.ศ. 2557

3.4 การปฏิบัติงานทางด้านไฟฟ้า

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในปัจจุบันได้แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าการรับไฟฟ้าของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นมี 1 ช่องทางหลักจาก สพ.ปาย ด้วยสายส่งขนาด 115 กิโลโวลต์ และ 2 ช่องทางสำรอง ด้วยสายส่งขนาด 22 กิโลโวลต์ ภายในสถานีไฟฟ้าย่อยของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนติดตั้งหม้อแปลงขนาดพิกัด 25 เมกะโวลต์แอมป์, 115/22 กิโลโวลต์ จำนวน 2 ลูก เพื่อปรับลดระดับแรงดันเป็น 22 กิโลโวลต์และจ่ายไฟฟ้าให้แก่ตู้วงจร 2 ชุดตามลำดับ



รูปที่ 7 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

ชุดตู้วงจรที่ 1 ประกอบไปด้วยชุดวงจรสายป้อนที่ 1-5 สำหรับพื้นที่นอกเมืองเป็นส่วนใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สายป้อนที่ 1 จ่ายโหลดพื้นที่รอบนอกเมืองทางด้านตะวันออก มีขนาดสูงถึง 5 เมกะวัตต์ และสามารถเป็นเส้นทางจ่ายไฟฟ้าสำรองสำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนได้ เนื่องจากเชื่อมต่อกับสถานีไฟฟ้าแรงสูงจอมทอง

สายป้อนที่ 2 จ่ายโหลดขนาดเล็กตามเส้นทางเรือนจำ สถานีโทรทัศน์ และถนนเมืองทางด้านตะวันตก มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ 1 เมกะวัตต์

สายป้อนที่ 3 จ่ายโหลดตามเส้นทางทิศเหนือ มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ 3.5 เมกะวัตต์ และสามารถเป็นเส้นทางจ่ายไฟฟ้าสำรองลำดับที่ 1 สำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนได้ เนื่องจากมีสายส่งขนาด 22 กิโลโวลต์เชื่อมต่อกับสถานีไฟฟ้า(ชั่วคราว)อำเภอปาย โดยมีเส้นทางเดียวกันกับสายส่ง 115 กิโลโวลต์

สายป้อนที่ 4 จ่ายโหลดตามเส้นทางถนนทางด้านตะวันตก รวมถึงสถานีขนส่งผู้โดยสาร มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์

สายป้อนที่ 5 เชื่อมต่อกับสายป้อนที่ 10 เมื่อสายวงจรป้อนเข้าตู้ชุดวงจรที่ 1 มีปัญหา โดยทั่วไปสวิตช์ที่เชื่อมต่อระหว่างสายป้อนที่ 5 และสายป้อนที่ 10 จะอยู่ในสถานะเปิดวงจร

ชุดตู้วงจรที่ 2 ประกอบไปด้วยชุดวงจรสายป้อนที่ 6-10 สำหรับพื้นที่ในเมืองเป็นส่วนใหญ่ และเชื่อมต่อกับกำลังผลิตไฟฟ้าภายในพื้นที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สายป้อนที่ 6 จ่ายโหลดให้แก่ศาลากลางจังหวัดและหน่วยราชการบริเวณใกล้เคียง มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ รวมถึงรับซื้อไฟฟ้าจากเขื่อนแม่ฮ่องสอน โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟาร์ม และโรงไฟฟ้าดีเซลเพื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ

สายป้อนที่ 7 จ่ายโหลดตามเส้นทางถนนทางด้านตะวันออก ที่ว่าการอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์

สายป้อนที่ 8 จ่ายโหลดให้แก่สถานที่สำคัญ ได้แก่ เทศบาลเมืองแม่ฮ่องสอน สนามบิน โรงพยาบาลประจำจังหวัด มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 1.5 เมกะวัตต์

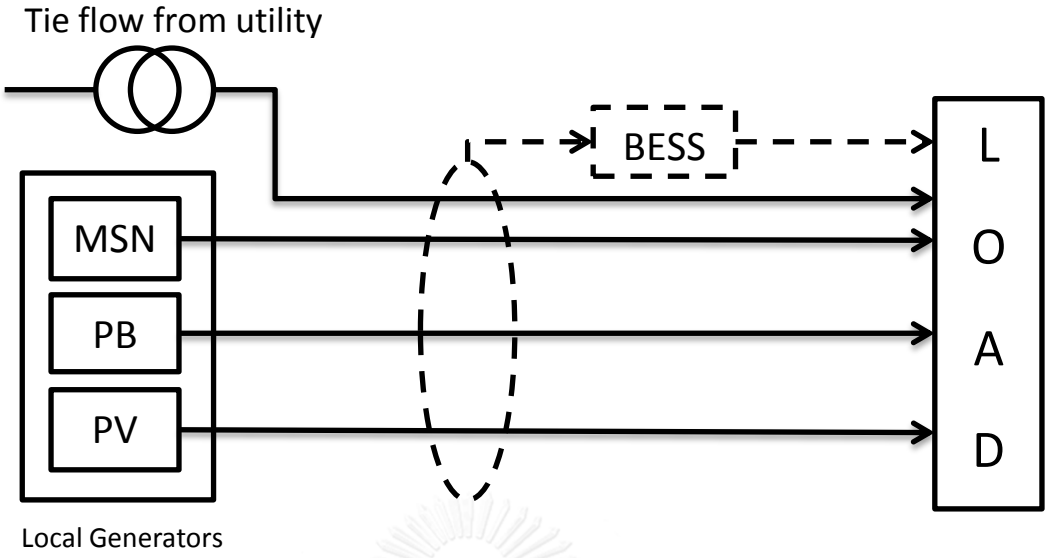
สายป้อนที่ 9 ปัจจุบันใช้เป็นวงจรสำหรับรับซื้อไฟฟ้าจากเขื่อนแม่สะงาเท่านั้น ซึ่งด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ป้องกันวงจรจึงสามารถรองรับกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 6.7 เมกะวัตต์

สายป้อนที่ 10 เชื่อมต่อกับสายป้อนที่ 5 เมื่อสายวงจรป้อนเข้าตู้ชุดวงจรที่ 2 มีปัญหา โดยทั่วไปจะเป็นวงจรเปิด

อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีการควบคุมสั่งการภายใต้ความดูแลของศูนย์ควบคุมไฟฟ้าเขต 1 จังหวัดลำพูน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อย่างไรก็ดีอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีกำลังการผลิตภายในพื้นที่การไฟฟ้าจังหวัดแม่ฮ่องสอน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้มอบหมายให้ดูแลการสั่งการ จึงทำให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนสามารถควบคุมการสั่งการจากภายในเองได้ในระดับหนึ่ง เช่น การประสานงานกับโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน หรือสามารถสั่งปลดโหลดได้ตามลำดับความสำคัญเพื่อสมดุลกำลังไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน

3.5 แนวคิดการหาขนาดระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริด

หน้าที่ของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน คือ ทำงานร่วมกับกำลังผลิตภายในดังรูปที่ 8 เพื่อสำรองไฟฟ้าให้กับสายส่งที่มีความเชื่อถือได้ต่ำ และสามารถทำงานแบบแยกโดดได้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที สำหรับการย้ายโหลดไฟฟ้าและเชื่อมต่อกับสายส่งสำรองขนาด 22 กิโลโวลต์ โดยแนวคิดสำหรับการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การหาขนาดทางด้านกำลังในโหมดเชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟฟ้า และการหาขนาดทางด้านพลังงานในโหมดการทำงานแยกโดด โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 8 องค์ประกอบของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

3.5.1 แนวคิดการหาขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ความสำคัญของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้น คือ รักษาเสถียรภาพทางไฟฟ้าให้กับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเมื่อเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่ง จึงพิจารณาไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในโหมดเชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟฟ้า ดังนั้น ขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จึงจะต้องมีหาค่าเท่ากับกำลังสูงสุดของสายส่ง

ขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนที่เหมาะที่สุดนั้นจะต้องมีค่าต่ำที่สุด ที่สามารถรักษาเสถียรภาพทางไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในไมโครกริดได้ ดังนั้น การจัดการกำลังผลิตไฟฟ้าภายในจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในสายส่ง อย่างไรก็ดี กำลังผลิตไฟฟ้าภายในนั้นประกอบไปด้วยโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีความผันผวนของกำลังผลิตขึ้นอยู่กับฤดูกาล ดังนั้น ฤดูกาลจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง

3.5.2 แนวคิดการหาขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

เมื่อเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่งและนำไปสู่การทำงานแยกโดดของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนขึ้น การใช้พลังงานจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จึงมีความจำเป็นเพื่อการทำงานแยกโดด โดยมีข้อกำหนดในการทำงานแยกโดดเป็นอย่างน้อย 15 นาที ซึ่งพลังงานทั้งหมดที่ใช้จะเป็นขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนที่เหมาะที่สุดนั้นจะต้องมีค่าต่ำที่สุด ที่สามารถทำงานแยกโดดได้ระยะเวลา 15 นาที ดังนั้น การจัดการกำลังผลิตไฟฟ้าภายในร่วมกับพลังงานสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะลดความต้องการใช้พลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อทำงานแบบแยกโดด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

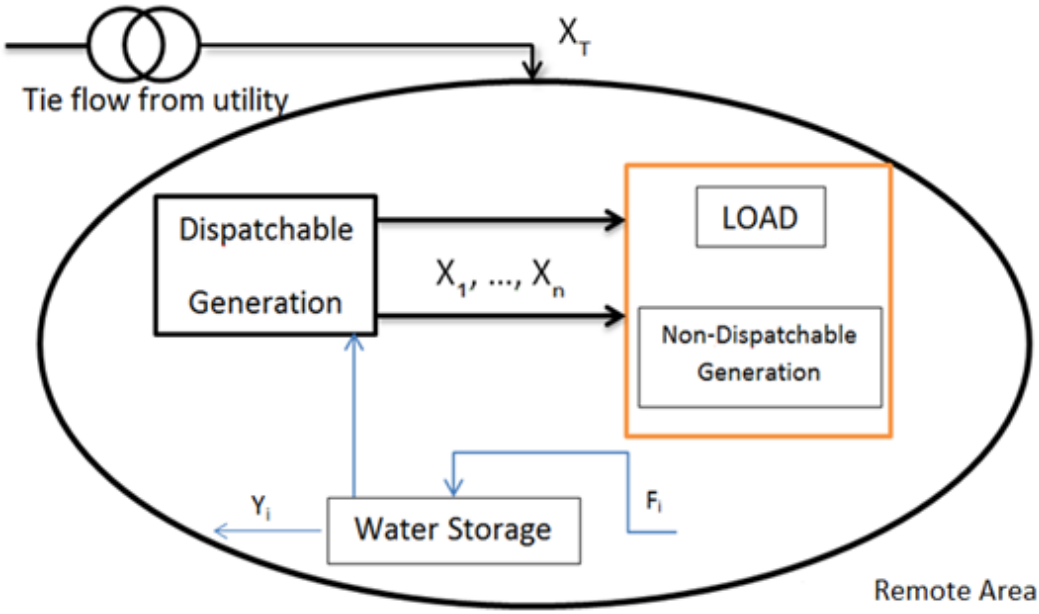
บทที่ 4
การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

4.1 การหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

แนวคิดสำหรับการหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่คือ เมื่อสายส่งจากภายนอกที่มีความเชื่อถือได้ต่ำนั้นเกิดความผิดพร่องขึ้น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะต้องสามารถทดแทนกำลังไฟฟ้าของสายส่งดังกล่าวเมื่อเกิดเหตุขัดข้องได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการกำลังผลิตภายในพื้นที่เพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งดังกล่าว

การจัดการกำลังผลิตภายในนั้น เริ่มจากการแบ่งกลุ่มกำลังผลิตออกเป็น 2 กลุ่ม คือกำลังผลิตที่สามารถจัดการได้ (Dispatchable generation) ในกรณีของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน คือ เขื่อนแม่สะงา ซึ่งมีอ่างกักเก็บน้ำที่ทำหน้าที่คล้ายกับแหล่งเก็บพลังงานของแบตเตอรี่ และกำลังผลิตที่ไม่สามารถจัดการได้ คือโซลาร์แบบฟาร์มและเขื่อนแม่ฮ่องสอน เนื่องจากเขื่อนแม่ฮ่องสอนนั้นมีขนาดเล็กและไม่มีอ่างสำหรับกักเก็บน้ำ โดยในที่นี้จะพิจารณากำลังผลิตที่ไม่สามารถจัดการได้นั้นเสมือนเป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าค่าติดลบ นอกจากนี้ไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีสายส่งเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าในกรณีที่แหล่งกำลังผลิตภายในพื้นที่ไม่เพียงพอ โดยมีความสัมพันธ์แสดงดังรูปที่ 9

เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้น การจัดการกำลังผลิตภายในเป็นปัจจัยที่สำคัญเพื่อลดความต้องการไฟฟ้าจากสายส่งเชื่อมโยงให้ได้มากที่สุด โดยพิจารณาข้อจำกัดคือความสามารถในการกักเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงา ปริมาณการไหลเข้าของน้ำตามธรรมชาติที่ขึ้นกับฤดูกาล โดยในที่นี้จะอ้างอิงจากข้อมูลในอดีต ความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดของเขื่อนแม่สะงา และความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริด



รูปที่ 9 แบบจำลองระบบไฟฟ้าของไมโครกริดพื้นที่ห่างไกล

4.2 กำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ของระบบ

S กำลังไฟฟ้าสูงสุดของสายส่งเชื่อมโยง ในหน่วยเมกะวัตต์

X_T กำลังไฟฟ้าของสายส่งเชื่อมโยง ในหน่วยเมกะวัตต์

X_i กำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดภายในพื้นที่ที่สามารถจัดการได้ของยูนิต i ในหน่วยเมกะวัตต์

$P_{max,i}$ กำลังผลิตสูงที่สุดของยูนิต i ในหน่วยเมกะวัตต์

P_j กำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดภายในพื้นที่ที่ไม่สามารถจัดการได้ของยูนิต j ในหน่วยเมกะวัตต์

P_L ความต้องการไฟฟ้าภายในพื้นที่ ในหน่วยเมกะวัตต์

k_i จุดเวลาเริ่มต้นของช่วงเวลาที่สนใจ

k_f จุดเวลาสุดท้ายของช่วงเวลาที่สนใจ

T คาบเวลาที่พิจารณา ในหน่วยชั่วโมง

F_i ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคิดเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าของยูนิต i ในหน่วยเมกะวัตต์-ชั่วโมง

Y_i ปริมาณน้ำที่ล้นจากอ่างเก็บน้ำคิดเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าของยูนิต i ในหน่วยเมกะวัตต์-ชั่วโมง

$WS_{i,k}$ สถานะของการกักเก็บพลังงานของยูนิต i

$WS_{min,i}$ ความจุพลังงานต่ำสุดของยูนิต i

$WS_{max,I}$ ความจุพลังงานสูงสุดของยูนิต i

ในการหาขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะใช้โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programing) เพื่อหาคำตอบขนาดพิกัดทางด้านกำลัง ในช่วงเวลาที่สนใจ รวมถึงลักษณะการทำงานของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าภายในพื้นที่ที่สามารถจัดการได้ที่สอดคล้องกับขนาดพิกัด โดยจะแบ่งการคำนวณออกเป็นสองส่วนคือ การหาขนาดทางด้านกำลัง และการหาขนาดทางด้านพลังงาน ตั้งแต่ k_i ถึง k_f โดยกำหนดลักษณะโหลดรวมกับการผลิตไฟฟ้าที่ไม่สามารถจัดการได้เข้าด้วยกัน

4.3 การหาขนาดทางด้านกำลังที่เหมาะที่สุด

การคำนวณเพื่อหาขนาดทางด้านกำลังด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ประกอบไปด้วยสมการวัตถุประสงค์ และชุดสมการข้อจำกัด 4 กลุ่ม โดยผลลัพธ์จากการคำนวณคือขนาดกำลังสูงสุดที่น้อยที่สุดที่สายส่งจำเป็นจะต้องใช้ ซึ่งหมายถึงขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ดังสมการคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

4.3.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\min S \tag{4.1}$$

สมการวัตถุประสงค์ ตามสมการที่ (4.1) มีเป้าหมายคือการหาค่าต่ำที่สุดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดบนสายส่งในทุก ๆ ช่วงเวลาที่พิจารณา โดยมีรายละเอียดแสดงในสมการข้อจำกัดทางด้านสายส่ง

4.3.2 ขีดจำกัดสมดุลกำลังไฟฟ้า

$$X_{T,k} + X_{1,k} = P_{L,k} - \sum_{i=1}^{2} P_{j,k} \qquad \forall\ k,\ k = k_i, \dots, k_f \tag{4.2}$$

กลุ่มสมการข้อจำกัดทางด้านสมดุลกำลัง แสดงถึงระบบไฟฟ้าจำเป็นจะต้องมีความต้องการไฟฟ้าและกำลังการผลิตไฟฟ้าเท่ากันในทุก ๆ ช่วงเวลาที่พิจารณา โดยในสมการที่ (4.2) ทางด้านซ้ายมือแสดงถึงกำลังผลิตที่ไม่ทราบค่าจากสายส่ง และจากเขื่อนแม่สะงาในทุก ๆ ขั้น และด้านขวามือแสดงถึงความต้องการใช้ไฟฟ้าและกำลังผลิตที่ไม่สามารถจัดการได้ โดยจะต้องทราบค่าดังกล่าวในทุก ๆ ช่วงเวลาที่พิจารณา

4.3.3 ขีดจำกัดเขื่อนแม่สะงา

$$0 \leq X_{1,k} \leq P_{max,1} \tag{4.3}$$

$$WS_{1,k+1} = WS_{1,k} - T_H X_{1,k} + F_{1,k} - Y_{1,k} \tag{4.4}$$

$$WS_{min,1} \leq WS_{1,k} \leq WS_{max,1} \tag{4.5}$$

$$\forall\ k,\ k = k_i, \ldots, k_f$$

กลุ่มสมการข้อจำกัดของพิกัดเขื่อนแม่สะงา ในสมการที่ (4.3) แสดงถึงความสามารถในการผลิตของเขื่อนแม่สะงาจะมีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงพิกัดของเขื่อนแม่สะงา สมการที่ (4.4) แสดงถึงระดับของพลังงานในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงา โดยซ้ายมือของสมการแสดงถึงขนาดของพลังงานในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงาในขั้นต่อไป ด้านขวามือของสมการแสดงถึงขนาดของพลังงานในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงาในขั้นปัจจุบัน รวมกับขนาดของปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำคิดเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าหักด้วยพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ารวมกับปริมาณน้ำล้นจาอ่างเก็บน้ำคิดเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าหากอ่างเก็บน้ำมีพลังงานบรรจุอยู่เต็ม สมการที่ (4.5) แสดงถึงข้อจำกัดของพลังงานภายในอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงา หมายถึงขนาดของพลังงานในอ่างเก็บน้ำจะมีขนาดไม่มากกว่าขนาดของอ่างเก็บน้ำและจะไม่น้อยกว่าขนาดของพลังงานที่กำหนดไว้ในขั้นต่ำที่สุด

4.3.3 ขีดจำกัดการชดเชยปริมาณน้ำล้นของเขื่อน

$$WS_{1,k} - X_{1,k} + F_{1,k} - Y_{1,k} \leq WS_{max,1} \tag{4.6}$$

$$Y_{1,k} \geq 0 \tag{4.7}$$

$$\forall\ k,\ k = k_i, \ldots, k_f$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มสมการข้อจำกัดของการชดเชยปริมาณน้ำล้นในเขื่อน ในสมการที่ (4.6) แสดงถึงขนาดของพลังงานในขั้นต่อไปนั้นจะต้องมีขนาดไม่เกินขนาดของอ่างเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงา ซึ่งหากมีค่าดังกล่าวเกิดขึ้น ตัวแปร $Y_{1,k}$ นั้นจะใช้ในการชดเชยเพื่อรองรับกรณีการเกิดน้ำล้น ดังสมการที่ (4.7)

4.3.4 ขีดจำกัดกำลังสูงสุดของสายส่งไฟฟ้า

$$X_{T,k} \leq S \tag{4.8}$$

$$\forall\ k,\ k = k_i, \ldots, k_f$$

สมการข้อจำกัดของสายส่งเชื่อมโยง ดังสมการที่ (4.8) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนของสายส่งจะต้องมีขนาดไม่เกินค่าจำกัดที่ใช้เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตามสมการ (4.1)

4.4 การหาขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุด

ขนาดพิกัดทางด้านพลังงานของแบตเตอรี่ที่เหมาะที่สุด คือขนาดความจุที่น้อยที่สุดที่ยังสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที เนื่องจากไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนต้องการเวลาอย่างน้อย 15 นาทีสำหรับการถ่ายโอนโหลดไปยังสายส่งขนาด 22 กิโลโวลต์จากสถานีไฟฟ้าแม่แตงหรือสถานีไฟฟ้าจอมทอง รวมถึงเวลาในการเริ่มต้นเดินเครื่องโรงไฟฟ้าดีเซลหลังจากนั้น จึงปลดโหลดจากตู้วงจรชุดที่ 1 เพื่อทำงานในโหมดฉุกเฉิน

อย่างไรก็ดี ขนาดพิกัดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ถูกกำหนดด้วยอัตราการอัดประจุไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เพื่อให้มีขนาดที่สอดคล้องกับขนาดทางด้านกำลังซึ่งเป็นคำตอบจากสมการที่ (4.1) ดังนั้น ขนาดที่เป็นไปได้จึงถูกจำกัดด้วยอัตราการอัดประจุไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตลอด 15 นาที คือ 4C

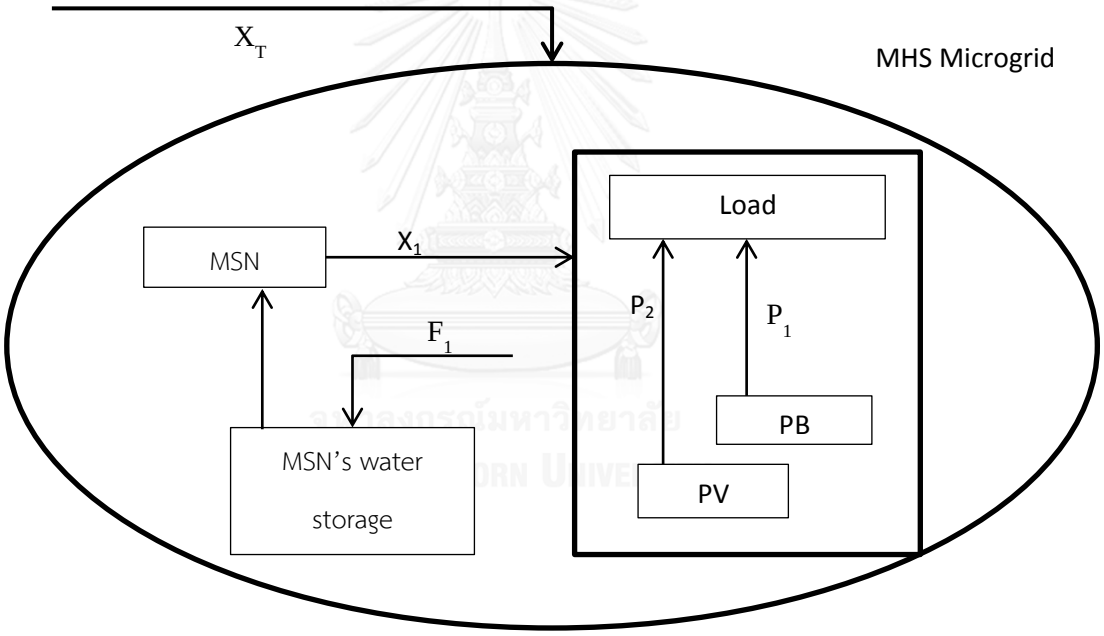
แต่ในปัจจุบัน มีข้อจำกัดทางด้านการพัฒนาระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ จึงทำให้อัตราการอัดประจุที่ 4C นั้น ยังไม่สามารถรับประกันในการใช้จริงได้ และอัตราการอัดประจุที่ 3C ยังไม่แพร่หลาย ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงพิจารณาขนาดทางด้านพลังงานในอัตราการอัดประจุที่ 2C

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ผลการทดสอบ

5.1 สมมติฐาน

การหาขนาดพิกัดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ให้กับระบบจ่ายไฟฟ้าของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน เมื่อเกิดความผิดพร่องบนสายส่งเชื่อมโยง 115 กิโลโวลต์ โดยระบบผลิตภายในไมโครกริดนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดภายในพื้นที่ที่สามารถจัดการได้ และแหล่งกำเนิดภายในพื้นที่ที่ไม่สามารถจัดการได้ ดังรูปที่ 10 ในที่นี้จะใช้ข้อมูลโหลดและการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนแม่สะงาในปี พ.ศ. 2557 เพื่อเป็นข้อมูลในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดตลอดทั้งปี กำหนดตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องแสดงไว้ในรูปที่ 10 ด้วย

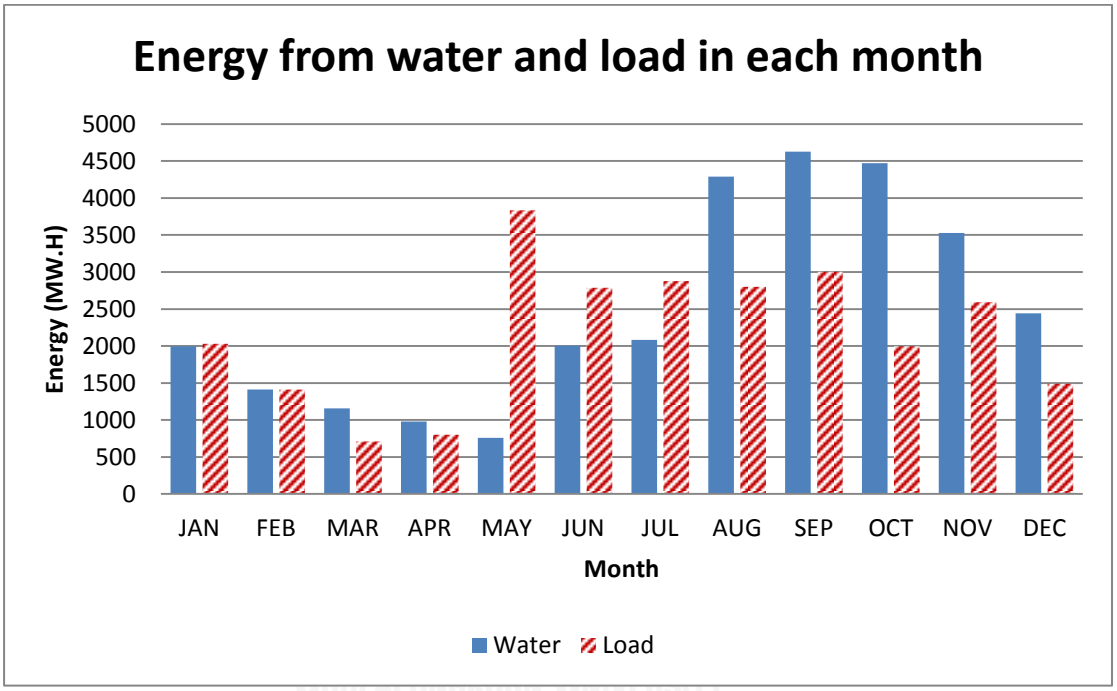


รูปที่ 10 แบบจำลองระบบไฟฟ้าของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

5.1.1 พารามิเตอร์สำหรับการหาขนาดทางด้านกำลังที่เหมาะที่สุด

จากรูปที่ 10 X_1 คือค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อนแม่สะงา กำลังสูงสุดที่สามารถผลิตได้คือ 7.5 เมกกะวัตต์ โดยมีอ่างเก็บน้ำที่สามารถเก็บพลังงานได้ 132 เมกะวัตต์-ชั่วโมง โดยจะแบ่งพลังงานน้ำออกเป็น 2 ส่วนคือ พลังงานน้ำส่วนที่ใช้สำหรับทำงานปกติ และพลังงานน้ำสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉิน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำรองพลังงานน้ำเพื่อใช้สำหรับการทำงานในโหมดแยกโดดได้เต็ม

กำลังเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง กล่าวคือจะแบ่งสัดส่วนพลังงานน้ำสำหรับการทำงานปกติและการทำงานกรณีฉุกเฉินเป็น 88:12 ของพลังงานน้ำที่สามารถเก็บได้ทั้งหมด แหล่งผลิตที่ไม่สามารถสั่งการการผลิตได้ P_1 คือค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเขื่อนแม่ฮ่องสอน และ P_2 คือค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคำนวณในคาบเวลาทุก ๆ 30 นาที นอกจากนี้ P_L คือความต้องการใช้ไฟฟ้า และปริมาณพลังงานที่ได้รับจากธรรมชาติเทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน มีขนาดพลังงานเปรียบเทียบปริมาณพลังงานจากโหลดดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเขื่อนแม่สะงาเปรียบเทียบกับโหลดรายเดือน ปี พ.ศ. 2557

หลังจากที่ได้คำตอบพิกัดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ จะพิจารณาความต้องการการใช้ไฟฟ้าของแบตเตอรี่แบบรายเดือน เพื่อศึกษาผลกระทบของฤดูกาลต่อการจัดสรรการใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อทำงานกรณีฉุกเฉิน เนื่องจากการคำนวณแบบรายเดือนนั้นจะได้ผลลัพธ์ที่ระบบต้องการ และรูปแบบการสั่งเดินเครื่องที่สอดคล้องกับขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่แม่นยำกว่าการคำนวณแบบทั้งปี

ผลลัพธ์ความต้องการทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่แบบรายเดือนแสดงถึงความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่เพื่อทำงานในกรณีฉุกเฉินในแต่ละเดือน เนื่องจากลักษณะโหลดและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเขื่อนแม่สะงามีความแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน ซึ่งหาก

เดือนในมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่น้อยกว่า จะสามารถจัดสรรกำลังไฟฟ้าคงเหลือมาใช้ในงานอื่นๆได้อีกด้วย

รูปแบบการสั่งเดินเครื่องของเขื่อนแม่สะงาเป็นผลลัพธ์รองที่มีความสำคัญ เนื่องจากขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่ได้รับมา จำเป็นจะต้องสั่งการให้เขื่อนแม่สะงาเดินเครื่องได้ตามผลลัพธ์ที่คำนวณมาด้วย เนื่องจากรูปแบบการเดินเครื่องที่ได้จากผลลัพธ์นั้น คำนึงถึงปริมาณพลังงานน้ำ และลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน

5.1.2 การหาขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุด

ขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุดและสอดคล้องกับขนาดทางด้านกำลัง คือขนาดที่กำหนดโดยอัตราการอัดประจุที่ 2C แต่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้น มีความจำเป็นในการทำงานแยกโดดเพียง 15 นาที ดังนั้น จึงสามารถสำรองพลังงานภายในระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เท่าที่จำเป็น เพื่อให้สามารถนำพลังงานส่วนที่คงเหลือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

การทำงานแบบแยกโดดนั้น เมื่อเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่ง จะกำหนดให้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สามารถทำงานทดแทนกำลังที่หายไปจากสายส่งได้ทันที โดยไม่เกิดไฟฟ้าดับขึ้น และจะเปลี่ยนวิธีการทำงานของเขื่อนแม่สะงาเพื่อลดการใช้พลังงานจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ให้มากที่สุด โดยจะนำพลังงานน้ำที่สำรองไว้เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งขนาดของพลังงานที่ต้องการสำหรับการทำงานแบบแยกโดด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (5.1) โดยที่จะพิจารณาในช่วงเวลาที่มีพลังงานจากความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดใน 15 นาที

$$Energy\ required = \sum_{ki}^{kf} P_L - \sum_{ki}^{kf} P_{max,i} \qquad (5.1)$$

5.1.3 การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ก่อนและหลังติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

กำหนดให้ในพื้นที่อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นมีผู้ใช้ไฟฟ้า 16,800 ราย และระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้นสามารถทดแทนกำลังไฟฟ้าที่หายไปจากสายส่งได้ทันทีโดยไม่เกิดไฟฟ้าดับ สายป้อนสำคัญจะไม่เกิดไฟฟ้าดับหลังการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เนื่องจากคำนึงถึงไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นจากสายส่งภายนอกเท่านั้น และละเลยอุปกรณ์อื่น ๆ ทั้งหมด สำหรับการประเมินดัชนีความเชื่อถือได้

5.2 ผลการหาความต้องการทางด้านกำลังไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ผลลัพธ์การหาขนาดพิกัดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับปีพ.ศ. 2557 คือ 4.5 เมกะวัตต์ ซึ่งได้จากการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีวัตถุประสงค์คือการหาค่าที่น้อยที่สุดของค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง

ตารางที่ 3 แสดงค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าในสายส่งแต่ละเดือนของของปี พ.ศ. 2557 ซึ่งได้จากการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมเชิงเส้นแบบรายเดือน โดยมีสมมติฐานว่ามีพลังงานน้ำเต็มเขื่อนทุก ๆ การเริ่มต้นเดือน พบว่าตัวแปรหลักในการกำหนดความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่คือ ปริมาณพลังงานที่ไหลเข้าเขื่อนแม่สะงา ปริมาณพลังงานจากความต้องการใช้ไฟฟ้า และค่ากำลังความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

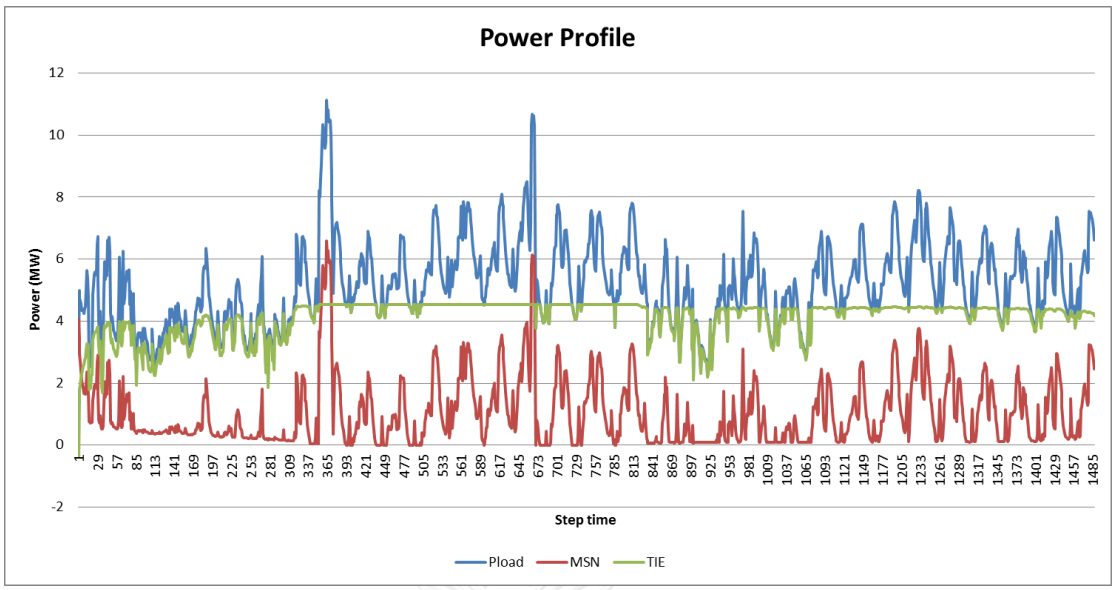
ตารางที่ 3 กำลังไฟฟ้าสูงสุดในสายส่งของแต่ละเดือนในหน่วยเมกะวัตต์

Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Size (MW)	0.1	0.1	-0.2	3.7	4.5	2.7	1.1	-0.3	3.3	-0.5	0.4	-1.3

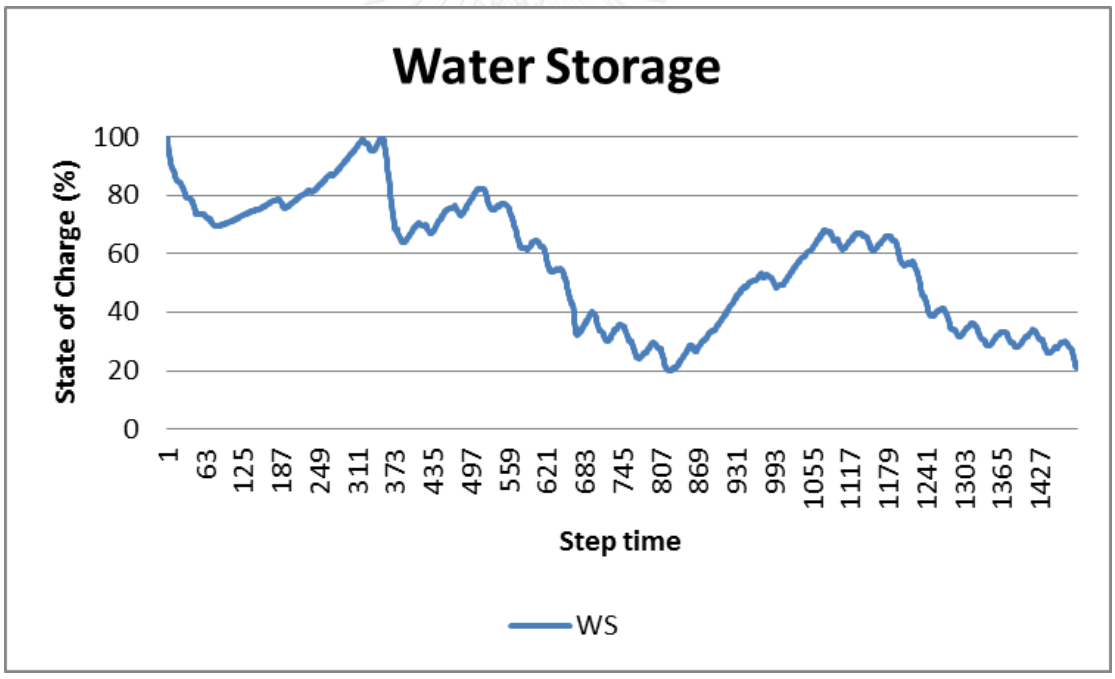
นอกจากขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่แล้ว ยังมีลักษณะการทำงานของเขื่อนแม่สะงาร่วมกับสายส่งที่เหมาะสมกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน ซึ่งเป็นผลลัพธ์รอง โดยลักษณะดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานจากน้ำและความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละเดือน โดยจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

5.2.1 กรณีที่ 1 : ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า หรือฤดูแล้ง

เดือนพฤษภาคมเป็นตัวแทนของกรณีที่พลังงานไม่เพียงพอหรือฤดูแล้ง เนื่องจากพลังงานที่ไหลเข้าเขื่อนแม่สะงาต่ำที่สุด จะพบว่าพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าในสายส่งจะเป็นค่าคงที่เมื่อถึงจุดสูงสุดดังรูปที่ 12 และเขื่อนแม่สะงามีหน้าที่ส่งกำลังเพื่อรักษาระดับการใช้ไฟฟ้าของสายส่งดังรูปที่ 13 การใช้พลังงานภายในเขื่อนแม่สะงา พบว่าจะกักเก็บพลังงานเพื่อสำรองสำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มากภายหลัง เปรียบเสมือนการกักเก็บน้ำภายในเขื่อนเพื่อนำมาใช้ในช่วงเทศกาล



รูปที่ 12 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557

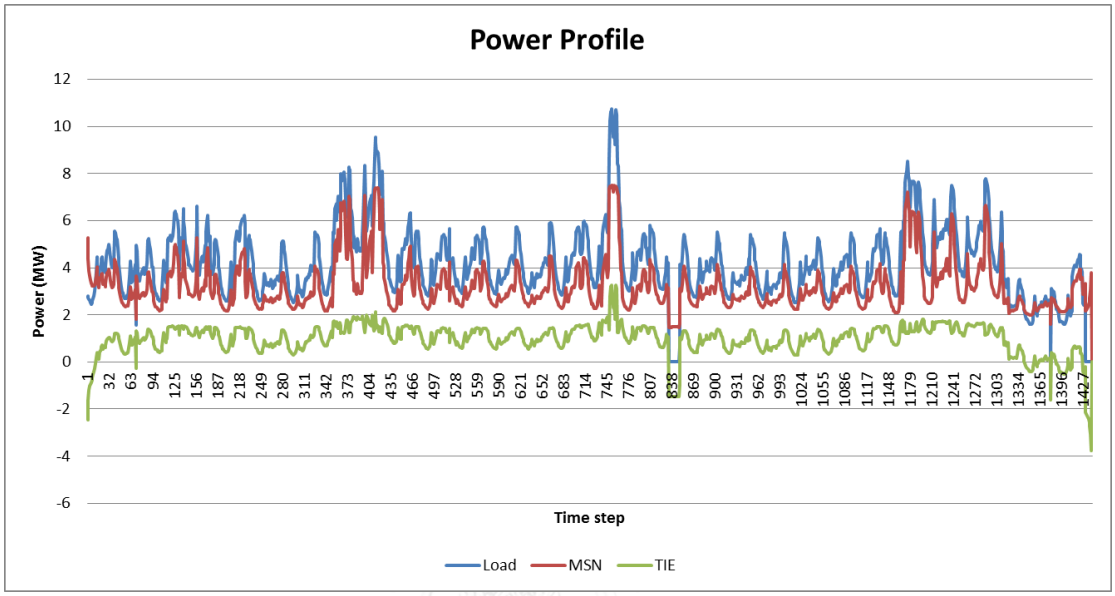


รูปที่ 13 สถานะการกักเก็บพลังงานของเขื่อนแม่สะงาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557

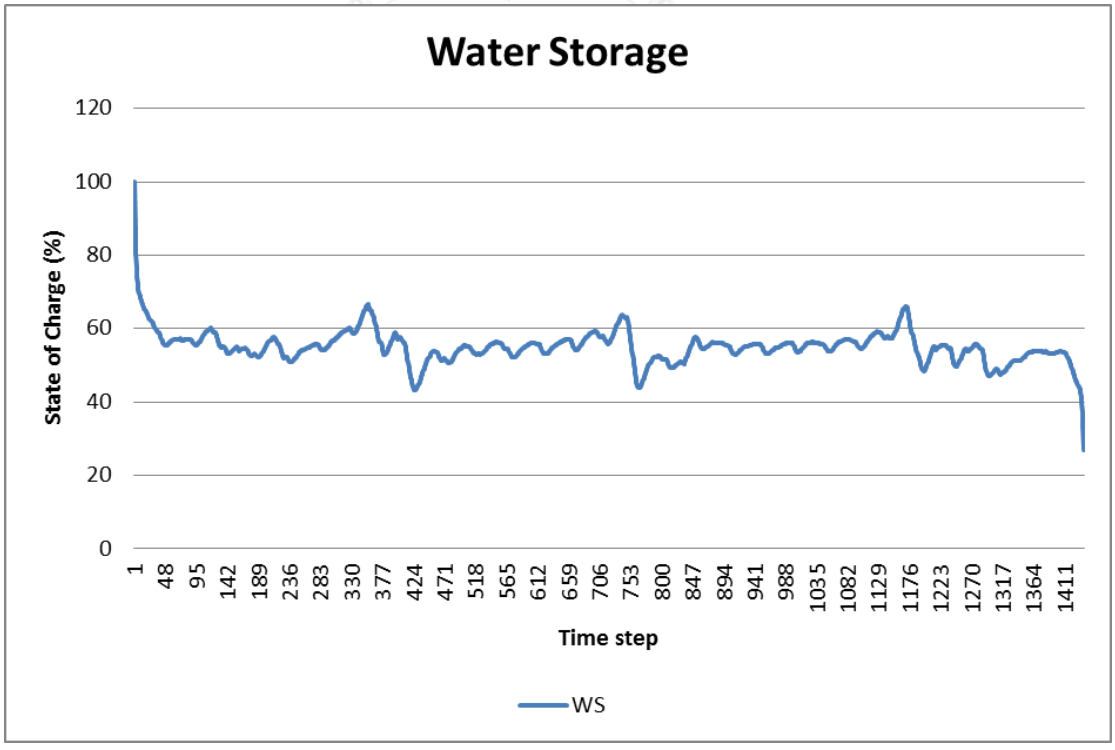
5.2.2 กรณีที่ 2 : ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า หรือฤดูฝน

เดือนกันยายนเป็นตัวแทนในกรณีที่พลังงานเพียงพอหรือฤดูฝน เนื่องจากค่าพลังงานที่ไหลเข้าเขื่อนแม่สะงาสูงที่สุด โดยกรณีที่พลังงานเพียงพอ จะพบว่าพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของ

เขื่อนแม่สะงา จะผลิตกำลังไฟฟ้าตามลักษณะของความต้องการใช้ไฟฟ้า เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในสายส่งให้มากที่สุดดังรูปที่ 14 การใช้พลังงานภายในเขื่อนแม่สะงา พบว่าจะรักษาระดับพลังงานไว้ที่ประมาณร้อยละ 50 เพื่อให้มีความคล่องตัวในการรับหรือจ่ายพลังงานดังรูปที่ 15



รูปที่ 14 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าในเดือนกันยายน พ.ศ. 2557



รูปที่ 15 สถานะการกักเก็บพลังงานของเขื่อนแม่สะงาในเดือนกันยายน พ.ศ. 2557

5.3 ผลการหาขนาดพิกัดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุด

การหาขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะสมที่สุด คือขนาดที่สอดคล้องกับขนาดทางด้านกำลังและอัตราการอัดประจุระดับ 2C ดังนั้น ขนาดทางด้านพลังงานที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับปีพ.ศ. 2557 คือ 2.25 เมกะวัตต์-ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาระยะเวลาสำหรับการทำงานแบบแยกโดด โดยสนใจในช่วงเวลาที่เกิดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในปี เพื่อหาขนาดของพลังงานที่ระบบกักเก็บพลังงานจะต้องสำรองเพื่อรองรับกรณีฉุกเฉินในปีพ.ศ. 2557 โดยพิจารณาตั้งแต่ 15 นาทีถึง 2 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4 ตัวอย่าง เช่น หากต้องการให้ระบบสามารถทำงานแบบแยกโดดได้เป็นเวลา 15 นาที ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จำเป็นจะต้องเก็บพลังงานสำหรับกรณีฉุกเฉิน 0.9 เมกะวัตต์ชั่วโมง ดังนั้น ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จึงมีพลังงานส่วนที่คงเหลือเพื่อใช้ทำงานในส่วนอื่น ๆ

ตารางที่ 4 ปริมาณพลังงานที่ต้องการสำหรับการทำงานแบบแยกโดดเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 15 นาที

ระยะเวลา (นาที)	15	30	45	60	75	90	105	120
Energy size (MWh)	0.9	1.9	2.8	3.7	4.3	5.1	6.0	6.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการทางพลังงานที่จำเป็นของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความต้องการใช้ไฟฟ้าสำหรับการทำงานแยกโดด โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดระยะเวลาการทำงานแยกโดดที่ 15 นาที และช่วงเวลาทำงานแบบแยกโดด คือ ช่วงเวลาที่มีพลังงานจากความต้องการสูงที่สุดในปีพ.ศ. 2557 ซึ่งหากแบ่งการทำงานออกเป็นรายเดือน จะสามารถกำหนดค่าพลังงานสำรองสำหรับกรณีฉุกเฉินได้ในค่าที่แตกต่างกัน เพื่อจัดสรรการใช้พลังงานภายในระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ในส่วนอื่น ๆ

5.4 วิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 3 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในสายส่งขึ้นกับกำลังผลิตภายในไมโครกริด แต่ความสามารถในการเลี้ยงตนเองของไมโครกริดขึ้นกับฤดูกาลและความต้องการไฟฟ้าดังรูปที่ 11 โดย

ทั้งสองตัวแปรมีความสำคัญควบคู่กัน หากมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงแต่มีพลังงานไหลเข้าต่ำ จะต้องผลิตไฟฟ้าในรูปแบบน้ำไม่เพียงพอ ในขณะเดียวกัน หากมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ต่ำ แต่มีพลังงานไหลเข้าสูง จะสามารถผลิตไฟฟ้าในรูปแบบพลังงานเพียงพอ ซึ่งหากมีพลังงานเพียงพอแต่ความต้องการโหลดสูงสุดนั้น มีขนาดที่สูงเกินกว่าที่เขื่อนแม่สะงาจะทำงานได้ ขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะมีขนาดสูงตาม

การเลือกขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้น จะต้องพิจารณาค่ากำลังไฟฟ้าจากตาราง 3 เป็นปัจจัยหลัก เนื่องจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีกำลังผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการในฤดูแล้ง แล้วจึงพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยรอง โดยค่าดังกล่าวไม่สามารถน้อยกว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 4 เนื่องจากมีเรื่องอัตราการประจุไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าก่อนและหลังติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่นั้น กำหนดให้ไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีผู้ใช้ไฟฟ้า 16,800 ราย ระบบไฟฟ้ามี 8 สายป้อน และ 1 สายส่ง ระยะทาง 170 กิโลเมตร ดังรูปที่ 7 (จากบทที่ 3) โดยมีสมมติฐานว่า ภายหลังการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่แล้ว ระบบไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนจะสามารถทำงานแบบแยกโดดได้เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจะปลดโหลดที่ไม่สำคัญในชุดตู้วงจรที่ 1 เพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้า และเชื่อมต่อสายส่งช่องทางสำรองขนาดแรงดัน 22 กิโลโวลต์ รวมถึงโรงไฟฟ้าดีเซลเพื่อรักษาไม่ให้โหลดสำคัญเกิดไฟฟ้าดับ จนกระทั่งสามารถฟื้นฟูสายส่งช่องทางหลักได้ จึงกลับเข้าสู่โหมดทำงานเชื่อมต่ออีกครั้ง โดยผลลัพธ์ของดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ามีค่าดังตารางที่ 5

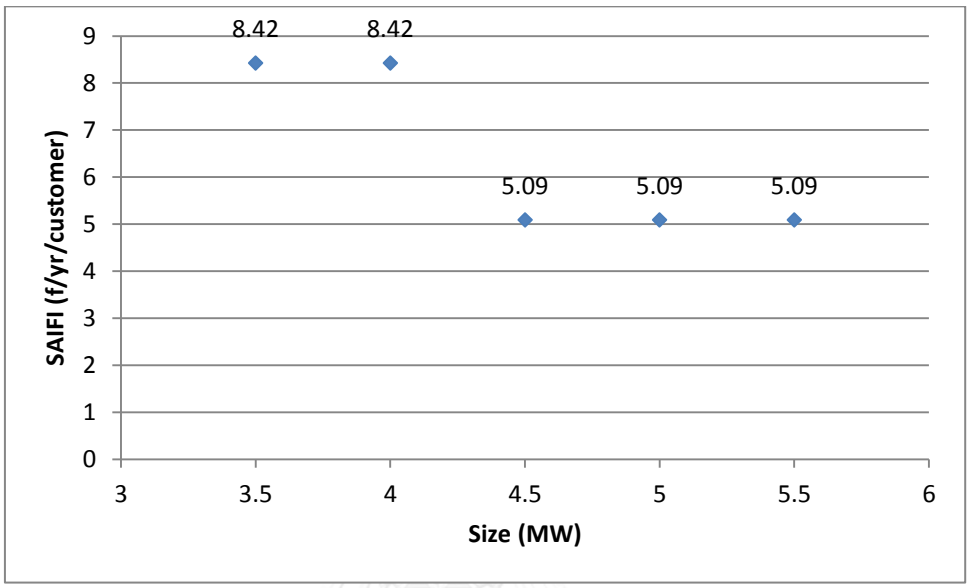
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

สภาพการติดตั้ง \ ดัชนีความเชื่อถือได้	SAIFI (f/yr/customer)	SAIDI (mins/yr/customer)
ก่อนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	8.42	1277.14
หลังติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	5.09	695.30

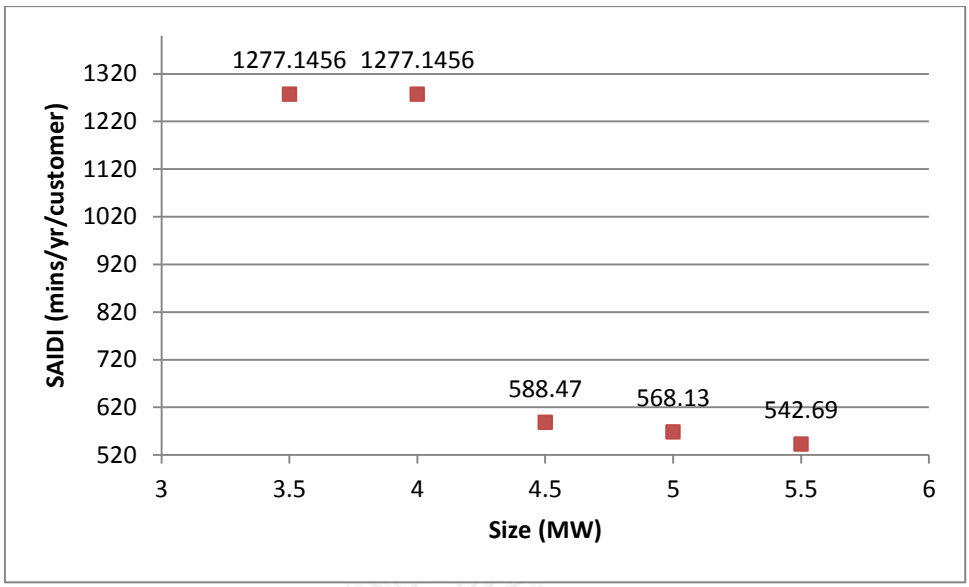
เมื่อพิจารณาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เทียบกับดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า พบว่าขนาดทางด้านกำลังเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ เพราะ เมื่อเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่งแล้วระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะต้องทำงานเพื่อทดแทน

กำลังไฟฟ้าที่สูญหายไปจากความผิดพร่องที่เกิดขึ้น หากกำลังไฟฟ้าจากระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่มีไม่เพียงพอ จึงนำไปสู่การเกิดไฟฟ้าดับโดยไม่คำนึงถึงขนาดทางด้านพลังงาน ดังนั้น ผลลัพธ์ของขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เปรียบเทียบกับดัชนี SAIFI จึงเป็นดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่กับค่าดัชนี SAIFI

ขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับระยะเวลาการทำงานแบบแยกโดด โดยขนาดทางด้านพลังงานจะมีขนาดตามอัตราการอัดประจุ 2C ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงขนาดทางด้านพลังงานจึงขึ้นกับขนาดทางด้านกำลัง โดยมีสมมติฐานคือไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนสามารถทำงานแบบแยกโดดได้ตามความสามารถของขนาดทางด้านพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการทำงานแบบแยกโดดเปรียบเทียบกับขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ดังนั้น ผลลัพธ์ของขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เปรียบเทียบกับดัชนี SAIDI จึงเป็นดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่กับค่าดัชนี SAIDI

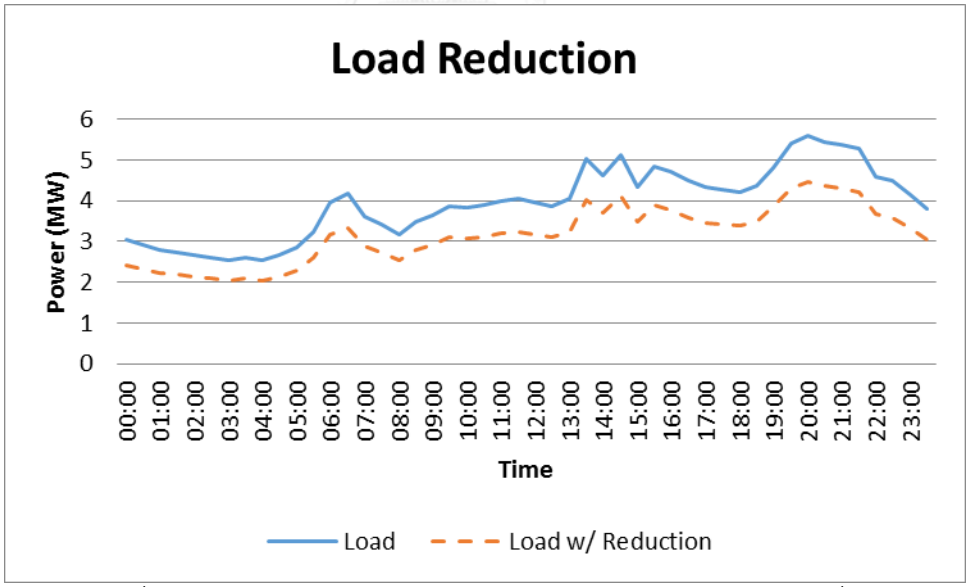
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่โดยคำนึงถึงการควบคุมโหลดโดยตรง

6.1 การควบคุมโหลดโดยตรง

ความต้องการใช้ไฟฟ้า เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อขนาดของระกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดนั้น ๆ หากไมโครกริดมีความจำเป็นที่จะต้องทำงานแบบแยกโดด การควบคุมโหลดเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อลดความต้องการของขนาดกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดภาวะไฟฟ้าดับ ดังนั้นเราจึงศึกษาผลของการควบคุมโหลดโดยตรงที่ส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งจะนำเสนอการควบคุม 2 แบบคือ

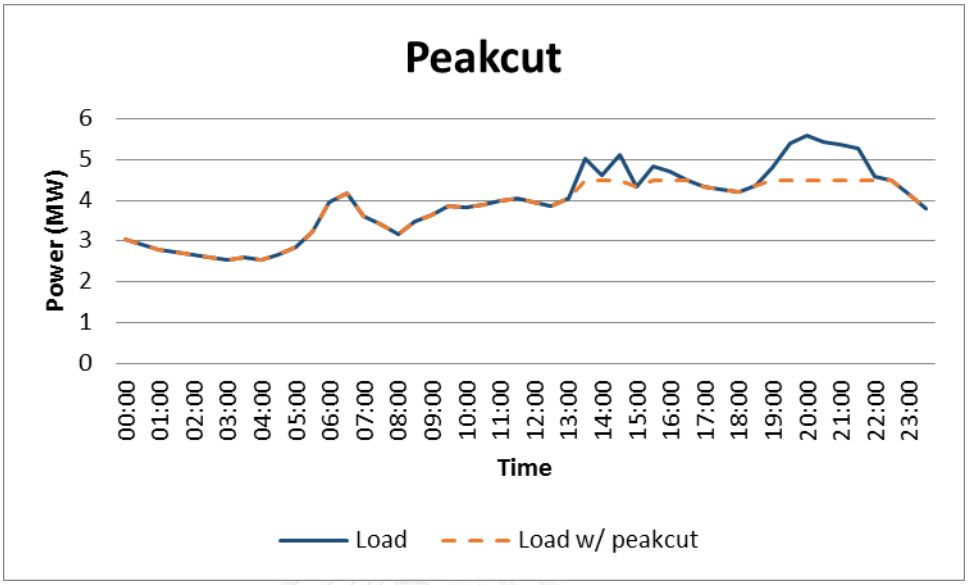
1.) การควบคุมร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ คือ การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในทุก ๆ เวลาเป็นอัตราส่วนร้อยละที่กำหนดดังรูปที่ 18 เนื่องจากพลังงานจากโหลดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ในกรณีที่เขื่อนแม่สะงาไม่สามารถจ่ายพลังงานได้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 18 ตัวอย่างการควบคุมโหลดแบบร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้

2.) การควบคุมความต้องการสูงสุด คือ การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้เท่ากับค่าที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 19 เนื่องจากค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ

ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ในกรณีที่เขื่อนแม่สะงาไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้กำลังสูงเทียบเท่าความต้องการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 19 ตัวอย่างการควบคุมโหลดแบบจำกัดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

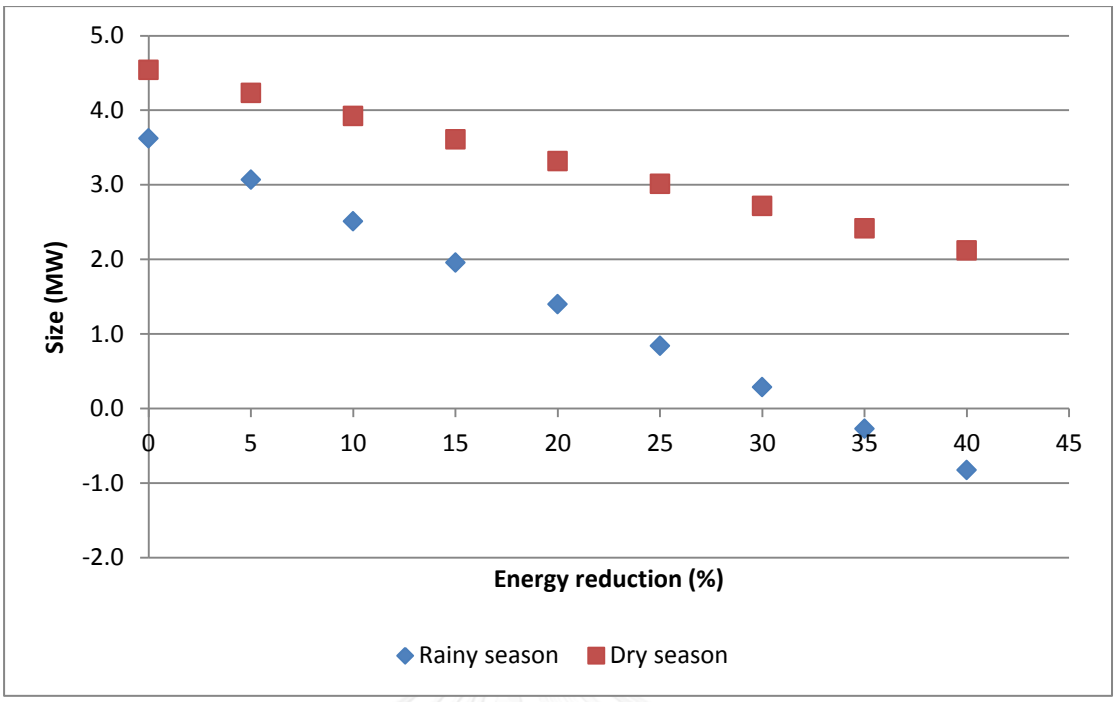
ในการศึกษานี้จะใช้ความต้องการใช้ไฟฟ้าในเดือนพฤษภาคมเป็นกรณีศึกษา และปริมาณพลังงานจากธรรมชาติในฤดูพฤษภาคมเป็นตัวแทนของฤดูแล้ง และเดือนตุลาคมเป็นตัวแทนของฤดูฝน เพื่อศึกษาผลกระทบจากฤดูกาล

6.2 ผลของการควบคุมแบบร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้

ในกรณีศึกษานี้ได้ปรับร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ในช่วง 5% ถึง 40% เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ทั้งขนาดทางด้านกำลัง และปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉินซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

6.2.1 ผลกระทบต่อขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่น้อยที่สุดจากสายส่ง ดังนั้นการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจากสายส่งจะส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ คือ ปริมาณพลังงานน้ำในแต่ละฤดูกาลและความต้องการใช้ไฟฟ้า ดังนั้น เราจึงศึกษาผลกระทบต่อขนาดทางด้านกำลังเปรียบเทียบกันใน 2 ฤดู โดยผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการบริโภคพลังงานที่ลดลงกับขนาดพิกัดกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ในฤดูแล้ง ความสัมพันธ์ระหว่างการลดปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นร้อยละและขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นเส้นตรง เนื่องจากเขื่อนแม่สะงามีพลังงานสำหรับความต้องการใช้ไฟฟ้าไม่เพียงพอ จึงทำให้การพึ่งพากำลังไฟฟ้าจากสายส่งสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นการลดพลังงานจากความต้องการใช้ไฟฟ้าจึงสามารถลดการพึ่งพากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากสายส่งได้

ในฤดูฝน ความสัมพันธ์ระหว่างการลดปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นร้อยละและขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นเส้นตรง เนื่องจากกำลังผลิตของเขื่อนแม่สะงามีขนาดไม่เท่ากับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่คงเหลือจากความต้องการใช้ไฟฟ้าและเขื่อนแม่สะงาจึงต้องทดแทนด้วยกำลังผลิตไฟฟ้าจากสายส่ง เมื่อลดปริมาณพลังงานลง ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะลดลงตามอัตราส่วน จึงเป็นเหตุให้ไมโครกริดพึ่งพากำลังไฟฟ้าจากสายส่งน้อยลง

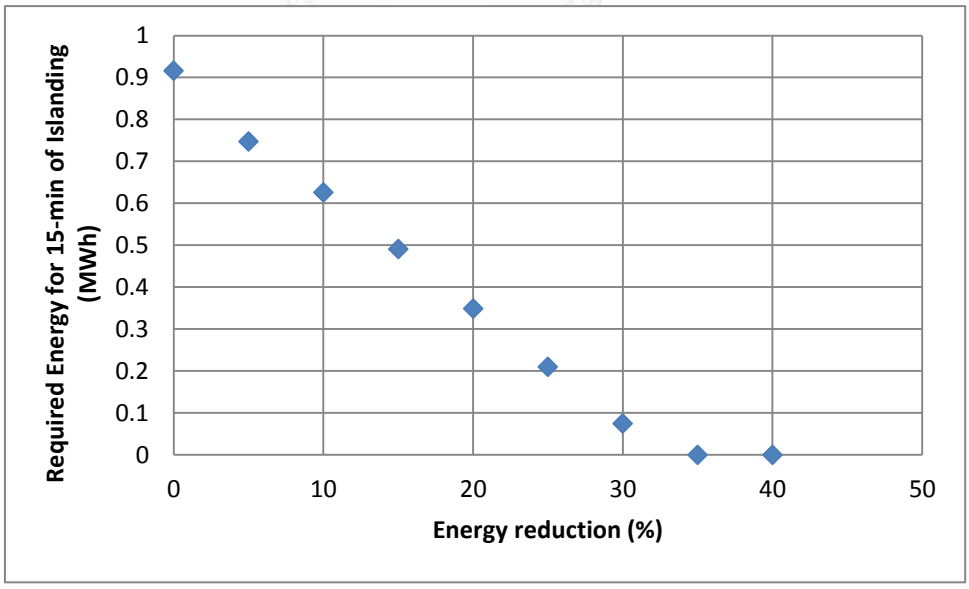
เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ฤดู พบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง โดยที่ในฤดูฝนจะสามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจากสายส่งได้ในอัตราที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนนั้นมีปริมาณพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่เพียงพอต่อความต้องการ การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดผ่านการควบคุมปริมาณพลังงานแบบร้อยละ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงที่จากสายส่ง

6.2.2 ผลกระทบต่อปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉิน คือ ปริมาณพลังงานที่สำรองเพื่อใช้สำหรับการทำงานแบบแยกโดดเมื่อเกิดความผิดพร่องบริเวณสายส่ง ส่งผลให้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ต้องทำงานทดแทน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉิน คือ ปริมาณพลังงานของความต้องการใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาสำหรับการทำงานแยกโดด ดังนั้น เราจึงศึกษาการควบคุมปริมาณของพลังงานที่ใช้ และปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉินดังรูปที่ 21

เนื่องจากการทำงานแบบแยกโดดเป็นการทำงานในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้น ปริมาณพลังงานไหลเข้าเขื่อนแม่สะงาตามฤดูกาลจึงไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดพลังงานที่ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่จะต้องใช้ เพราะในเขื่อนแม่สะงามีพลังงานน้ำสำรองสำหรับการทำงานแบบแยกโดดได้เต็มกำลังเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ผลของการควบคุมปริมาณพลังงานจึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉิน และเมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดลดลงผ่านการควบคุมปริมาณพลังงานจนถึงระดับที่เขื่อนแม่สะงาสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด จึงทำให้ไมโครกริดไม่ต้องพึ่งพาพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อทำงานแบบแยกโดด



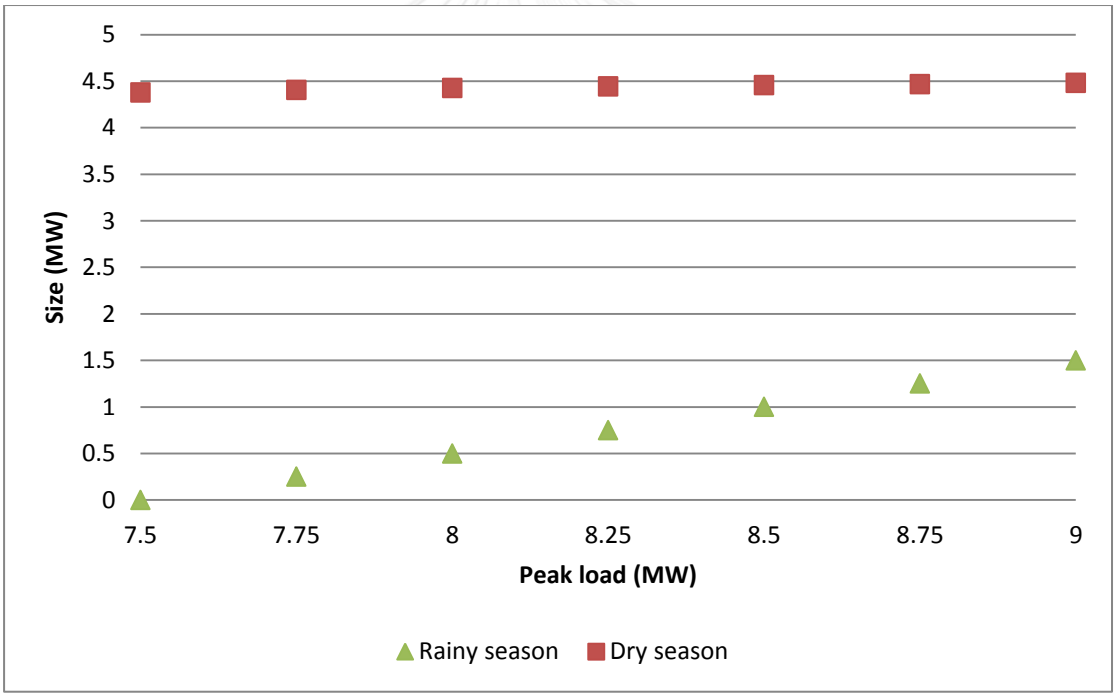
รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการบริโภคพลังงานที่ลดลงกับพลังงานที่ต้องการจากแบตเตอรี่สำหรับการจากแบตเตอรี่ทำงานแบบแยกโดดเป็นเวลา 15 นาทีของทั้งสองฤดู

6.3 ผลของการควบคุมแบบความต้องการสูงสุด

ในกรณีศึกษานี้ได้ปรับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดไว้ในช่วง 9 ถึง 7.5 เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ทั้งขนาดทางด้านกำลัง และปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉิน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

6.3.1 ผลกระทบต่อขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

หน้าที่ของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ คือ การสำรองกำลังไฟฟ้าแทนสายส่งในกรณีฉุกเฉิน ดังนั้น การควบคุมแบบความต้องการสูงสุดจึงส่งผลต่อขนาดทางด้านกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขนาดทางด้านกำลัง คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโหลด และปริมาณพลังงานน้ำในแต่ละฤดูกาล เพราะฉะนั้น การศึกษาผลของการควบคุมแบบความต้องการสูงสุดจึงเปรียบเทียบกันใน 2 ฤดู โดยผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ควบคุมกับขนาดพิกัดกำลังของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ในฤดูแล้ง พบว่าการลดความต้องการสูงสุดสามารถลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้เพียงเล็กน้อย เนื่องจากไมโครกริดประสบปัญหาพลังงานน้ำสำหรับการผลิตที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุให้เขื่อนแม่สะงาไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลัง การลดความต้องการสูงสุดที่นำไปสู่การลดพลังงานจากความต้องการได้เพียงเล็กน้อย จึงทำให้ไมโครกริดยังคงทำงานในรูปแบบน้ำไม่เพียงพอ

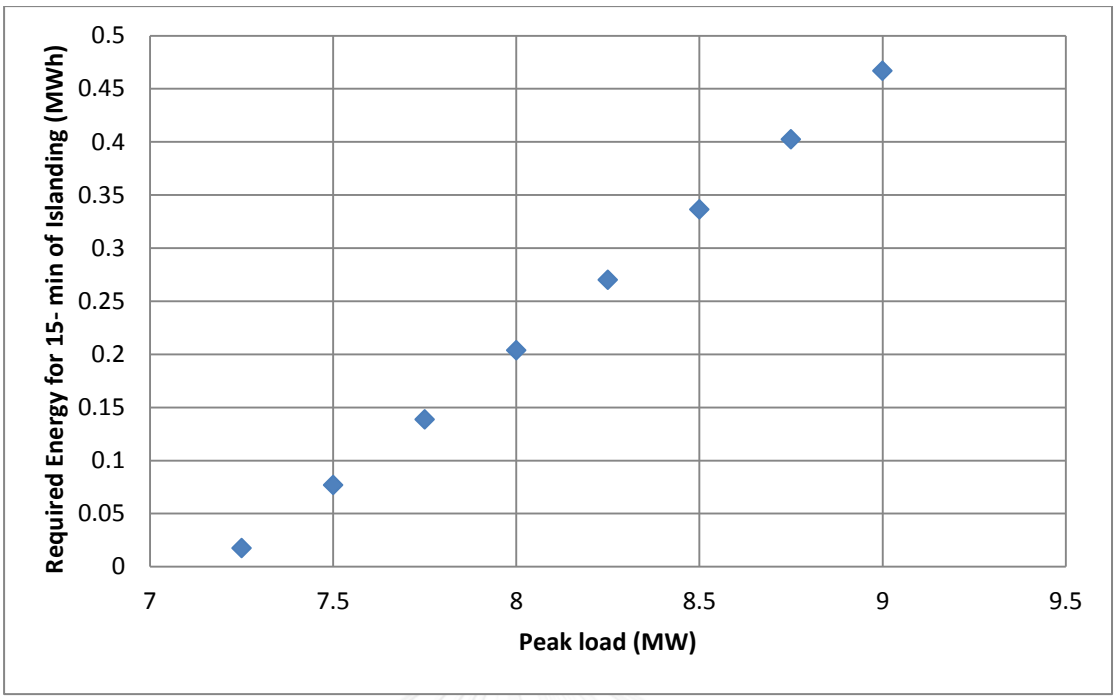
ในฤดูฝน พบว่าการลดความต้องการสูงสุดสามารถลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้ เนื่องจากในฤดูฝน ปริมาณพลังงานจากน้ำมีเพียงพอต่อความต้องการ จึงทำให้เขื่อนแม่สะงาสามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลัง ปัญหาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่มากกว่ากำลังผลิตของเขื่อนแม่สะงาจึงเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ ดังนั้นการควบคุมความต้องการสูงสุดจึงส่งผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่อย่างเห็นได้ชัด

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 ฤดู พบว่าการควบคุมแบบความต้องการสูงสุดมีฤดูกาลเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากหากเขื่อนแม่สะงาไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลัง หรือพลังงานจากน้ำมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ การควบคุมกำลังสูงสุดนั้นส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพียงเล็กน้อย เนื่องจากระบบพิจารณาถึงพลังงานที่ลดลงจากการควบคุมความต้องการสูงสุด แต่หากเขื่อนแม่สะงาสามารถทำงานได้เต็มกำลัง หรือมีพลังงานจากน้ำที่เพียงพอ ความต้องการสูงสุดจึงเป็นปัจจัยลำดับถัดมาที่ส่งผลกระทบต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

6.3.2 ผลกระทบต่อปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉินมี 2 ส่วน คือ พลังงานที่ใช้และระยะเวลาที่ทำงานแบบแยกโดด ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ฤดูกาลจึงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณพลังงานที่ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ใช้ เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีพลังงานสำรองสำหรับเขื่อนแม่สะงา โดยสำรองในปริมาณที่เขื่อนแม่สะงาสามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลังเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังนั้น เราจึงศึกษาการควบคุมปริมาณของพลังงานที่ใช้ และปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉินดังรูปที่ 23

การควบคุมความต้องการสูงสุดส่งผลให้ความต้องการในขณะที่ทำงานแบบแยกโดดมีค่าคงที่ จึงทำให้พลังงานที่ใช้มีค่าน้อยลงตามความต้องการสูงสุดที่ควบคุมไว้ จึงทำให้ปริมาณพลังงานของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เพื่อกรณีฉุกเฉินจึงน้อยลงตาม ดังนั้น ความต้องการสูงสุดที่ควบคุมและปริมาณพลังงานที่ใช้มีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง



รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดที่ควบคุมกับพลังงานที่ต้องการจากแบตเตอรี่สำหรับการทำงานแบบแยกโดดเป็นเวลา 15 นาทีของทั้งสองฤดู

การควบคุมปริมาณพลังงานทั้งหมดแบบร้อยละในไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนเปรียบเสมือนการลดการใช้พลังงาน ซึ่งการลดปริมาณพลังงานทั้งหมดแบบร้อยละอย่างสม่ำเสมอนั้นในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ แต่การลดการใช้พลังงานไฟฟ้านั้นสามารถขอความร่วมมือกับกลุ่มผู้ใช้บริการในท้องที่ โดยในฤดูแล้งนั้น การลดการใช้พลังงานเพื่อให้เขื่อนแม่สะงาสามารถทำงานได้สูงขึ้น ส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่ระบบต้องการ โดยที่ผู้ใช้บริการจะไม่พบเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ ทั้งที่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการขอความร่วมมือกับผู้ใช้บริการ

การควบคุมความต้องการสูงสุดในไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน สามารถกำหนดได้เนื่องจากในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนนั้นไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จึงสามารถกำหนดความต้องการสูงสุดได้ โดยละทิ้งโหลดเมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่าที่ต้องการควบคุม หรือตั้งพิกัดการใช้ไฟฟ้าในสายป้อน แต่ผู้ใช้บริการบางส่วนจะพบเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ จึงอาจส่งผลต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้

การควบคุมโหลดโดยตรงสามารถลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ได้ โดยขนาดที่สามารถลดได้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและวิธีที่ใช้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า หากไมโครกริดมีพลังงานสำหรับจ่ายโหลดเพียงพอ หรือเขื่อนแม่สะงาสามารถทำงานได้อย่างเต็มกำลัง การควบคุมความ

ต้องการสูงสุดนั้นจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการควบคุมปริมาณพลังงานเป็นร้อยละ ในทางตรงกันข้าม หากไมโครกริดมีพลังงานสำหรับจ่ายโหลดไม่เพียงพอ หรือเขื่อนแม่สะงาไม่สามารถทำงานได้เต็มกำลัง การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดเป็นร้อยละจะสามารถลดขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่จำเป็นต้องใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
บทสรุป

7.1 สรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอขั้นตอนวิธีการหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนที่สามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าด้วยขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด โดยให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมีการทำงานในรูปแบบไมโครกริดที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้าหลัก และบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในไมโครกริดพึ่งพากำลังผลิตไฟฟ้าภายในพื้นที่ให้ได้สูงที่สุด โดยใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่เป็นกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองสำหรับไมโครกริด การหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือหาค่าที่ต่ำที่สุดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องการจากสายส่งเชื่อมโยงจากภายนอก ทั้งนี้เพื่อลดบทบาทการพึ่งพากำลังไฟฟ้าบนสายส่งที่อาจเกิดปัญหาความผิดพร่องจากความห่างไกล และสภาพภูมิประเทศ

ผลลัพธ์จากการหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน คือ ขนาดพิกัดทางด้านกำลังไฟฟ้า 4.5 เมกะวัตต์ และ พิกัดพลังงานไฟฟ้า 2.25 เมกะวัตต์ชั่วโมง เพื่อให้อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนสามารถทำงานแบบแยกโดดได้เมื่อเกิดความผิดพร่องบนสายส่งเชื่อมโยง เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 15 นาที

รูปแบบการทำงานของเขื่อนแม่สะงาในแต่ละเดือนเป็นอีกผลลัพธ์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานของเขื่อนแม่สะงาที่สอดคล้องกับขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ รวมถึงการคำนวณแบบรายเดือนเพื่อหาขนาดกำลังไฟฟ้าที่ระบบต้องการในแต่ละเดือน ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากันเนื่องจากฤดูกาล

การควบคุมโหลดโดยตรงสามารถลดความต้องการขนาดระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ของไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนได้ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พิจารณาการควบคุม 2 รูปแบบ คือ การควบคุมร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้ และการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งในแต่ละรูปแบบของการควบคุมโหลดโดยตรงส่งผลที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล

7.2 ข้อเสนอแนะงานในอนาคต

การศึกษาวิจัยในอนาคตสามารถเพิ่มสมการข้อจำกัดของการปล่อยน้ำภายในอ่างกักเก็บน้ำของเขื่อนแม่สะงา เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงเกษตรกรรม หรือการท่องเที่ยว ซึ่งจะทำให้คำตอบที่ได้รับใกล้เคียงกับกรณีศึกษาไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนมากขึ้น เนื่องจากอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

เป็นเมืองท่องเที่ยว และน้ำตกบริเวณเขื่อนแม่สะงาเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ ซึ่งคาดว่าผลของการเพิ่มสมการข้อจำกัดดังกล่าวจะทำให้ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่มีขนาดใหญ่ขึ้น

ประยุกต์ความไม่แน่นอนของพลังงานหมุนเวียนภายในพื้นที่เข้าสู่ระบบ สามารถเพิ่มความแม่นยำของการหาขนาดที่เหมาะสมของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่สำหรับใช้งานจริงได้ รวมถึงการพยากรณ์กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในไมโครกริดอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ละเลยความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าและกำลังผลิต ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่มีขนาดที่ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น

การควบคุมโหลดโดยตรงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สนใจขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ที่เปลี่ยนไปเมื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถนำค่าใช้จ่ายของการลดความต้องการใช้ไฟฟ้ามาคำนวณร่วมกับค่าลงทุนที่ลดลงจากขนาดพิกัดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ จึงเป็นแนวทางสำหรับการหาค่าที่เหมาะที่สุดสำหรับการควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยตรงเพื่อหาขนาดที่เหมาะที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

[1] ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์, "โครงการการออกแบบเชิงรายละเอียดและศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการนำร่องระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะจังหวัดแม่ฮ่องสอน," จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตุลาคม พ.ศ. 2556.

[2] I. Serban, R. Teodorescu, and C. Marinescu, "Energy storage systems impact on the short-term frequency stability of distributed autonomous microgrids, an analysis using aggregate models," *Renewable Power Generation, IET,* vol. 7, pp. 531-539, 2013.

[3] X. Hao, P. Wei, Y. Yanhong, and K. Li, "Sizing of battery energy storage for micro-grid considering optimal operation management," in *Power System Technology (POWERCON), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 3162-3169.

[4] J. Xiao, H. S. Liang, J. C. Yu, P. Zhang, X. D. Wang, and S. Q. Yuan, "A capacity optimization method for hybrid energy storage system considering SOC and efficiency," in *Renewable Power Generation Conference (RPG 2013), 2nd IET*, 2013, pp. 1-4.

[5] H. Alharbi and K. Bhattacharya, "Optimal Sizing of Battery Energy Storage Systems for Microgrids," in *Electrical Power and Energy Conference (EPEC), 2014 IEEE*, 2014, pp. 275-280.

[6] S. X. Chen and H. B. Gooi, "Sizing of energy storage system for microgrids," in *Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), 2010 IEEE 11th International Conference on*, 2010, pp. 6-11.

[7] C. Gouveia, J. Moreira, C. L. Moreira, J. A. Pe, x00E, and L. as, "Coordinating Storage and Demand Response for Microgrid Emergency Operation," *IEEE Transactions on Smart Grid,* vol. 4, pp. 1898-1908, 2013.

[8] H. S. V. S. K. Nunna and S. Doolla, "Demand response in smart microgrids," in *Innovative Smart Grid Technologies - India (ISGT India), 2011 IEEE PES*, 2011, pp. 131-136.

[9] N. Yaagoubi and H. T. Mouftah, "Fairness-Aware Game Theoretic Approach for Demand Response in Microgrids," in *2015 Seventh Annual IEEE Green Technologies Conference*, 2015, pp. 125-131.

[10] R. Zhou, Z. Li, C. Wu, and M. Chen, "Demand Response in Smart Grids: A Randomized Auction Approach," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications,* vol. 33, pp. 2540-2553, 2015.

[11] C. WALSH, "Microgrid Regulatory Policy in the US ", ed, 2014.

[12] แนบบุญ หุนเจริญ, การพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าสมาร์ทกริด กรณีศึกษาเมืองแม่ฮ่องสอน: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2559.

[13] SIEMENS, "Microgrids White paper," SIEMENS2011.

[14] M. a. B. Lab. (2016, Examples Of Microgrids. Available: https://building-microgrid.lbl.gov/examples-microgrids

[15] สุรพงศ์ สุวรรณกวิน, "เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานและรถยนต์ไฟฟ้า," ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เอกสารอบรมโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะและพลังงานหมุนเวียน 28-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

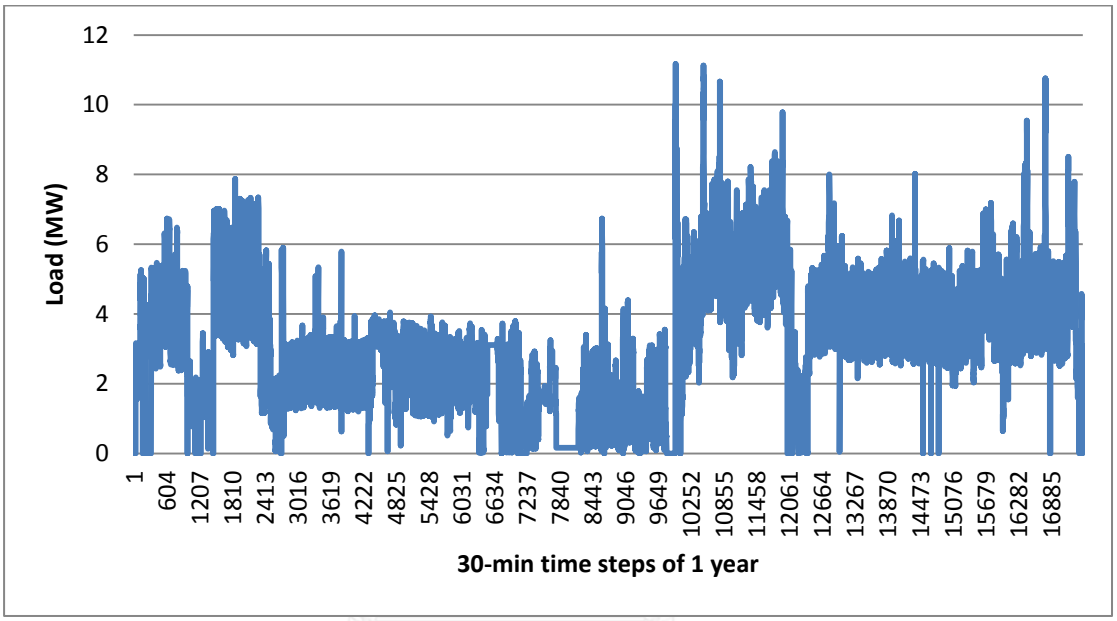
นายกลวัชร เกษกมล เกิดวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2533 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2557 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณ

1. ข้อมูลโหลด

ข้อมูลโหลดของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนแสดงดังรูปที่ 24 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 3.04 เมกะวัตต์ และมีค่าสูงสุดที่ 11.17 เมกะวัตต์



รูปที่ 24 ลักษณะโหลดของอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอนในปี พ.ศ. 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ข้อมูลเขื่อนแม่สะงา

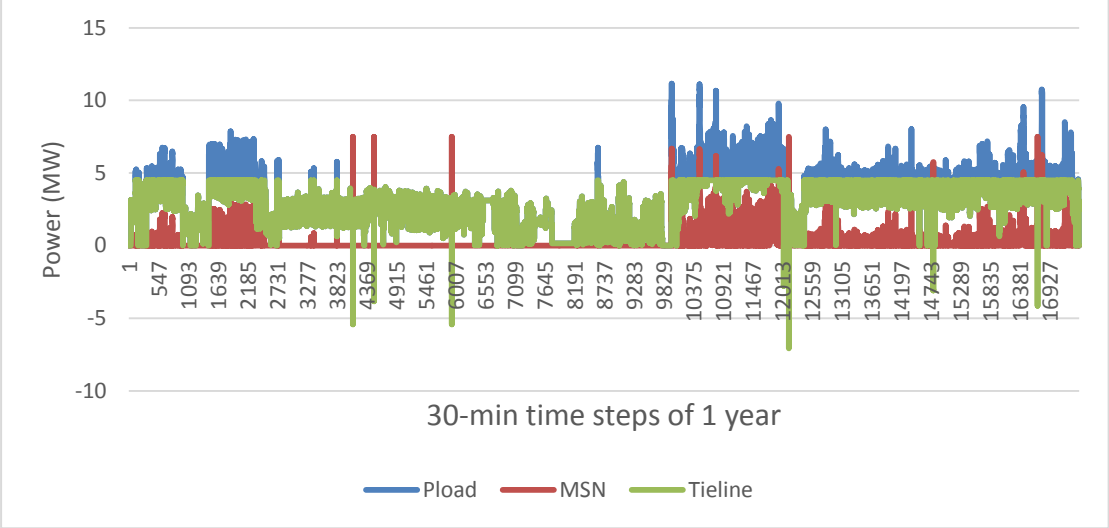
ปริมาณพลังงานจากน้ำที่เขื่อนแม่สะงาสามารถผลิตได้ของแต่ละเดือน จะมีค่าที่เท่ากันในแต่ละขั้นเวลา ซึ่งผลรวมของพลังงานจากน้ำที่เขื่อนแม่สะงาสามารถผลิตได้มีค่าดังตารางที่ 6 ซึ่งอ้างอิงจากพลังงานที่เขื่อนแม่สะงาใช้ผลิตไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2557

ตารางที่ 6 พลังงานไฟฟ้าที่เขื่อนแม่สะงาผลิตได้ ในปี พ.ศ. 2557

Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Energy (GWh)	2.0	1.4	1.2	1.0	0.7	2.0	2.0	4.3	4.6	4.5	3.5	2.4

3. ผลลัพธ์จากการคำนวณขนาดที่เหมาะที่สุด

ผลลัพธ์จากการคำนวณขนาดที่เหมาะที่สุดแสดงดังรูปที่ 25 พบว่าสายส่งเชื่อมโยงมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 4.5 เมกะวัตต์



รูปที่ 25 กำลังผลิตและความต้องการใช้ไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University