



การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน  
ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

โดย

นายเฉลิมรัช บัวหล้า

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน  
ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

โดย

นายเฉลิมรัช บัวหล้า



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ECONOMIC FEASIBILITY OF BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM  
INVESTMENT PROJECT

BY

MR. CHALERMRACH BUALA



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARTS

BUSINESS ECONOMICS

FACULTY OF ECONOMICS

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2017

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะเศรษฐศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นายเฉลิมรัช บัวหล้า

เรื่อง

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน  
ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

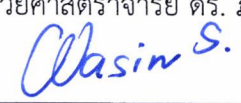
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ)

เมื่อ วันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ. 2561


อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูรี สิริสุนทร)

กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

  
\_\_\_\_\_  
(อาจารย์ ดร. วศิน ศิวสฤษดี)

คณบดี

  
\_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยนันทน์ ตันติวัตการ)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ใน การลงทุนระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่
ชื่อผู้เขียน	นายเฉลิมรัช บัวหล้า
ชื่อปริญญา	เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติ สิริสุนทร
ปีการศึกษา	2560

### บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ โรงพยาบาลเอกชนจำนวน 3 แห่งศึกษามาตรการส่งเสริมการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ วิเคราะห์ความอ่อนไหว รวมไปถึงการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล

จากการศึกษาพบว่า ต้นทุนในการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ประกอบด้วยต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นและต้นทุนการดำเนินการตลอดวงจรชีวิตของโครงการ โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 50 และ 50 ของต้นทุนวงจรชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ตามลำดับ ในด้านผลประโยชน์ที่โครงการจะได้รับจากการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการที่การไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้ได้ และการลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าเดิมลง

ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่จากดัชนีชี้วัด 4 ค่า ซึ่งได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน พบว่า การลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ทั้งสามโรงพยาบาลนั้นไม่มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีปัจจัยมาจากปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงที่มีความต้องการสูง (Peak) กับ ปริมาณหน่วยไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการต่ำ (Off peak) มีความแตกต่างกันน้อยสำหรับโรงพยาบาล B และ C และเนื่องจากระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานยังมีราคาที่สูง

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว มีทั้งสิ้น 5 กรณี ได้แก่ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่ามากขึ้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ภาครัฐใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์นั้นจะมีผลทำให้โครงการมีความคุ้มค่ามากขึ้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ดีขึ้นร้อยละ 25 นั้นจะส่งผลให้ผลการวิเคราะห์โครงการนั้นมีความคุ้มค่ามากขึ้น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่ใช้ในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ

Time of Use (TOU) เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีสุดท้าย คือ กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า Time of Use (TOU) ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในแต่ละกรณีจะแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์หากการไฟฟ้ามีการดับไฟเพื่อทำการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า และ เหตุการณ์หากการไฟฟ้าไม่มีการดับไฟเพื่อทำการบำรุงรักษา พบว่า จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่ามากขึ้น ในเหตุการณ์ที่มีการดับไฟฟ้า จะเป็นกรณีที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด และสำหรับการจำลองสถานการณ์โดยเทคนิคมอนติ คาร์โลนั้นพบว่าไม่มีสถานการณ์ใดที่มีความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 100

**คำสำคัญ:** การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์, ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่, การประเมินโครงการ

Independent Study Title	ECONOMIC FEASIBILITY OF BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM INVESTMENT PROJECT
Author	Mr. Chalermrach Buala
Degree	Master of Arts
Department/Faculty/University	Business Economics Economics Thammasat University
Independent Study Advisor	Assistant Professor Puree Sirasoontorn, Ph.D.
Academic Year	2017

### ABSTRACT

Economic feasibility of battery energy storage system investment project in private hospitals in Thailand was studied. Samples were three private hospitals in Thailand. Sensitivity analysis was performed. Studies reveal that investment costs in battery energy storage systems include initial investment and operating expenses through the project life cycle. These each account for about 50 percent of system life cycle cost. To calculate benefits from energy storage system installation, possibility of failure to supply electricity, electricity cost reduction should be considered. Net present value (NPV), benefit-cost ratio (B/C Ratio), internal rate of return (IRR), and payback period (PBP) were all taken into account.

Results were that differing peak and off-peak power consumption among samples meant that economic incentive differed. Sensitivity analysis demonstrated that the project would be more worthwhile if energy storage system price decreased; Demand Response during critical peak pricing (CPP); if battery energy storage system efficiency improved performance by 25 percent; if time of use (TOU) tariff were rescheduled; and if Demand Response were applied and TOU tariff rescheduled. Sensitivity analyses considered if electricity outage occurred due to maintenance or did not occur. If electricity outage occurred, project value would also increase.

**Keywords:** Economic Feasibility Assessment, Battery Energy Storage Systems, Project evaluation

## กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระครั้งนี้ในหัวข้อการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ผู้ศึกษามีความตั้งใจที่จะนำเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีความสนใจและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าและเพิ่มความมั่นคงด้านไฟฟ้าให้กับองค์กร ซึ่งการค้นคว้าอิสระครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ดังนี้

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฎีร์ สิริสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ซึ่งเป็นผู้ที่ริเริ่มแนวคิดในการศึกษานี้ ให้คำแนะนำ ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง จนกระทั่งการศึกษาครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ รวมไปถึง อาจารย์ ดร. วศิน ศิวสฤกษ์ ผู้เป็นกรรมการสอบค้นคว้าอิสระ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงการศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้านวิชาการตลอดระยะเวลาการศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่โครงการเศรษฐศาสตร์ธุรกิจทุกท่านที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกต่างๆ ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ การไฟฟ้านครหลวงที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้ากลุ่มโรงพยาบาล สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งทำให้การศึกษาครั้งนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อนนักศึกษาร่วมโครงการเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ รุ่นที่ 20 รวมไปถึงเพื่อนร่วมงานและผู้บังคับบัญชาที่คอยดูแลและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมาจนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการศึกษาครั้งนี้ ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้ศึกษาขอน้อมรับไว้ด้วยความเคารพเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งต่อไป

นายเฉลิมรัช บัวหล้า



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(4)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรม	4
2.1.1 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory)	4
2.1.2 การยอมรับนวัตกรรม	5
2.1.3 Norm-Activation Theory	6
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	7
2.2.1 ต้นทุนของเงินทุน (Cost of Capital)	7
2.2.2 โครงสร้างของต้นทุน (Cost)	8
2.2.3 การประเมินโครงการด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและประโยชน์ของโครงการ	8
2.2.3.1 อัตราคิดลด (Discount Rate)	8
2.2.3.2 ต้นทุนช่วงอายุ (Life Cycle Costing: LCC)	9
2.2.3.3 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV)	10
2.2.3.4 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)	10
2.2.3.5 ระยะเวลาคืนทุนโครงการ (Payback Period: PBP)	11

2.2.3.6 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ (Benefit-cost Ratio: B/C Ratio)	11
2.2.4 เกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน	12
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากต่างประเทศ	12
2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากประเทศไทย	17
2.3.2.1 ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	17
2.3.3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	20
2.4 ความแตกต่างของการศึกษารุ่นนี้กับการศึกษาในอดีต	22
<b>บทที่ 3 ภาพรวมของระบบกักเก็บพลังงาน</b>	<b>23</b>
3.1 ประเภทของระบบกักเก็บพลังงาน	23
3.2 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงาน	24
3.2.1 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล	25
3.2.2 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในมุมมองของผู้ใช้ไฟฟ้า	25
3.2.3 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน	26
3.3 สถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานในต่างประเทศ	26
3.3.1 ประเทศจีน	27
3.3.2 ประเทศญี่ปุ่น	28
3.3.3 ประเทศสหรัฐอเมริกา	29
3.3.4 ประเทศเยอรมัน	30
3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการของต่างประเทศ และประเทศไทย	31
3.5 ยุทธศาสตร์ นโยบาย และมาตรการของระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทย	35
3.6 การเลือกใช้งานเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน	40
<b>บทที่ 4 ระเบียบวิธีการศึกษา</b>	<b>43</b>
4.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา	43
4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์	45
4.3 การกำหนดข้อสมมติฐาน	45
4.4 แบบจำลองที่ใช้ในการหาจำนวนแบตเตอรี่ที่เหมาะสม	47
4.5 ต้นทุนการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	48
4.6 ผลประโยชน์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	48
4.7 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์	49
4.7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)	49

	(7)
4.7.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio: B/C Ratio)	50
4.7.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)	50
4.7.4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PBP)	50
4.8 การตัดสินใจลงทุน (Investment Decision)	51
4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	51
4.10 การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation)	52
บทที่ 5 ผลการศึกษา	53
5.1 การคำนวณอัตราคิดลดของอุตสาหกรรม (Discount Rate)	53
5.1.1 อัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง ( $R_f$ )	53
5.1.2 อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์ ( $R_m$ )	53
5.1.3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์ ( $\beta_i$ )	55
5.1.4 อัตราผลตอบแทนที่เหมาะสมของหลักทรัพย์	55
5.2 การประเมินต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Costing: LCC) ของการลงทุนสร้างระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	56
5.2.1 ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น	60
5.2.2 ต้นทุนด้านการดำเนินการและดูแลรักษา (Operation & Maintenance Cost)	61
5.2.3 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล	61
5.3 ผลประโยชน์วงจรอายุที่ได้รับจากการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	64
5.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล	67
5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ	69
5.5.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลง	70
5.5.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีขึ้น	77
5.5.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP	84
5.5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม	90
5.5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP)	97
5.6 การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล	106
5.7 บทสรุป	120

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	123
6.1 สรุปผลการศึกษา	123
6.2 ข้อจำกัดในการศึกษา	124
6.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	125
รายการอ้างอิง	126
ภาคผนวก	129
ประวัติผู้เขียน	146



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ต้นทุนของโครงการ	10
2.2 สรุปประเด็นสำคัญงานศึกษาจากต่างประเทศในอดีตที่เกี่ยวข้อง	15
2.3 บทสรุปประเด็นสำคัญจากงานศึกษาในอดีตของไทยที่เกี่ยวข้อง	19
2.4 สรุปประเด็นสำคัญจากงานศึกษาไทยในอดีต	21
3.1 รูปแบบการจัดเก็บพลังงานตามเทคโนโลยี	24
3.2 สรุปสถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในต่างประเทศ	33
3.3 อัตรา CPP อิงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU พ.ศ. 2560	37
3.4 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าอัตรา ILP	37
3.5 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าตามอัตรา TOU	38
3.6 อัตราโดยจ่ายค่าชดเชยเท่ากับส่วนลดของ ILP	38
3.7 เปรียบเทียบรายละเอียดคุณสมบัติของแบตเตอรี่จากงานวิจัยต่างประเทศ	41
3.8 เปรียบเทียบรายละเอียดคุณสมบัติของแบตเตอรี่จากงานวิจัยประเทศไทย	42
4.1 อัตราค่าไฟฟ้าในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)	46
4.2 สถานะไฟฟ้าที่เข้าออกระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	46
4.3 วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้	47
5.1 ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์และอัตราผลตอบแทนระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560	54
5.2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์	55
5.3 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังของโรงพยาบาลจำนวน 3 แห่ง ในปี พ.ศ. 2560	57
5.4 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าเพื่อหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานจากโปรแกรม HOMER PRO	60
5.5 รายละเอียดต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น	61
5.6 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A	62
5.7 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B	62
5.8 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C	63
5.9 แสดงกำไรก่อนหักภาษีย้อนหลังของโรงพยาบาล จำนวน 3 แห่ง และอัตรา การเจริญเติบโต	64
5.10 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A	67
5.11 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B	68
5.12 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C	69
5.13 แนวโน้มราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในอนาคต	70





5.44	สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ของโรงพยาบาล A	103
5.45	สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ของโรงพยาบาล B	104
5.46	สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ของโรงพยาบาล C	105
5.47	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	106
5.48	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	108
5.49	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	109
5.50	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ	110
5.51	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ	111
5.52	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ	112
5.53	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ	113
5.54	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ	114
5.55	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ	115
5.56	ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ	116



- การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
ประเภท CPP และมีการดับไฟ
- 5.57 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ  
การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
ประเภท CPP และมีการดับไฟ 117
- 5.58 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของ  
การคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
ประเภท CPP และมีการดับไฟ 119



## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 แผนผังภาพรวมกระบวนการวิธีการวิจัย	44
4.2 ภาพรวมของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ จากโปรแกรม HOMER PRO	48
5.1 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล A จากโปรแกรม HOMER PRO	59
5.2 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล B จากโปรแกรม HOMER PRO	59
5.3 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล C จากโปรแกรม HOMER PRO	60
5.4 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล A. ภาพจาก Google Map	65
5.5 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล B. ภาพจาก Google Map	65
5.6 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล C. ภาพจาก Google Map	66
5.7 สถานะของการประจุไฟฟ้าเข้าสู่ระบบกักเก็บพลังงานจากการจำลองระบบด้วยโปรแกรม Homer Pro.	77
5.8 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด จำนวน 7 วัน	90
5.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้ง ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบ กักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	107
5.10 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้ง ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบ กักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	108
5.11 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้ง ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบ กักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ	109
5.12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้ง ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ	110
5.13 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ	111
5.14 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน สุทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ	112

- กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ
- 5.15 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 113  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ
- 5.16 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 114  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ
- 5.17 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 115  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ
- 5.18 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 116  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
 ประเภท CPP และมีการดับไฟ
- 5.19 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 118  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
 ประเภท CPP และมีการดับไฟ
- 5.20 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบัน 119  
 สู่สิทธิภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ  
 กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลา  
 ของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response  
 ประเภท CPP และมีการดับไฟ

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

จากที่ทางสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงานได้มีแผนการขับเคลื่อนการดำเนินการด้านโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะของประเทศไทย ในระยะสั้น พ.ศ. 2560-2564 เพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาโครงการนำร่อง เพื่อทดสอบความเหมาะสมทางเทคนิคและความคุ้มค่าของการลงทุนในแต่ละเทคโนโลยี การดำเนินการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะของประเทศไทยในระยะสั้น ได้กำหนดให้มีการดำเนินการพัฒนาและขับเคลื่อน 5 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่ ระบบบริหารจัดการพลังงานการออกแบบกลไกราคาและ สิ่งจูงใจ และการตอบสนองด้านความต้องการใช้ไฟฟ้าระบบโครงข่าย ไฟฟ้าขนาดเล็ก ระบบกักเก็บพลังงานและการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

การนำระบบกักเก็บพลังงานเข้ามาช่วยเสริมความมั่นคงระบบไฟฟ้านั้น แต่เดิมโรงไฟฟ้าฟอสซิลเป็นโรงไฟฟ้าที่ช่วยรองรับความไม่เสถียรของพลังงานทดแทน แต่เมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ามามากขึ้น จะเกิดปัญหาระบบขาดพลังงานไฟฟ้าอย่างทันทีในช่วงแสงอาทิตย์หมด กล่าวคือ ทำให้กราฟการใช้ไฟฟ้ารายวันเปลี่ยนจากรูปหลังอุฐเป็นรูปหลังเบ็ด (Duck Curve) จำนวนโรงไฟฟ้าฟอสซิลที่มีอยู่อาจมีสมรรถนะไม่เพียงพอที่จะรองรับความไม่เสถียรช่วงนี้ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานช่วยเสริมระบบ

ระบบกักเก็บพลังงานจึงจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนให้พลังงานทดแทนมีเสถียรภาพ โดยมีหลักการสำคัญที่ใช้พิจารณานำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ คือ สามารถกักเก็บพลังงานได้ปริมาณมากและจ่ายไฟฟ้าในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้มีเสถียรภาพ และมีอายุการใช้งานยาวนาน สำหรับประเทศไทย ทางกรไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีแผนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ในระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. ในอนาคต เพื่อควบคุมความผันผวนของปริมาณและแรงดันในระบบส่งจากการนำพลังงานทดแทนเข้าสู่ระบบ รวมถึงช่วยลดความสูญเสียในระบบส่งไฟฟ้า

ทั้งนี้ระบบกักเก็บพลังงานสามารถสร้างสมดุล ของปริมาณไฟฟ้าในระบบให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานซึ่งมีความแปรปรวนตลอดเวลาโดยการกักเก็บพลังงานส่วนที่เกินที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำเพื่อนำมาช่วยจ่ายให้กับส่วนที่ขาดในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง ทำให้สามารถควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสามารถควบคุมค่าไฟฟ้าในกรณีที่คิดค่าไฟตามช่วงเวลาการใช้และสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ ไปใช้ในระยะเวลาอื่น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ระบบเก็บสะสมพลังงานในปัจจุบันมีหลายประเภท ทั้งแบบที่พัฒนาสำเร็จแล้ว และยังอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนา โดยแต่ละประเภทจะใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างกันไปในการกักเก็บพลังงาน มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนั้นความเหมาะสมของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ ในด้านการนำมาใช้งานสำหรับการกักเก็บพลังงานนั้น ควรพิจารณาจากความต้องการของระบบที่จะนำไปใช้ว่าให้

ความสำคัญกับวัตถุประสงค์ด้านใดเป็นหลัก เช่น ความหนาแน่นของพลังงานต่อพื้นที่ อัตราส่วนระหว่างกำลังและพลังงานที่ได้ รอบอายุการใช้งาน ค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายต่างๆ ราคาของแบตเตอรี่ รวมไปถึงระบบความปลอดภัย

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษามาตรการส่งเสริมการใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่
2. เพื่อศึกษาการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่สำหรับโรงพยาบาล
3. เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

## 1.3 ขอบเขตในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงพรรณนา และข้อมูลเชิงปริมาณ โดย การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนานั้นจะรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ สถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย ในด้านของนโยบายภาครัฐ การนำไปใช้งานจริง เทคโนโลยีที่ใช้งาน เพื่อให้ทราบข้อมูลแนวโน้มของเทคโนโลยี และทำการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยจะมีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ดังนี้ ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม การยอมรับนวัตกรรม และ Norm-activation Theory ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้นจะวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจที่มีการปรับค่าของเวลา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit–Cost Ratio: B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP) รวมไปถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

1. กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่นำมาศึกษาคือ กิจการโรงพยาบาล ที่มีอัตราค่าไฟตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use: TOU) เนื่องจากเป็นกิจการที่มีการใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา
2. ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System: BESS) ในการศึกษาครั้งนี้ คือ แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน (Li-ion)

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถจัดการระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ที่ช่วยลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโรงพยาบาลรวมถึงความคุ้มค่าของระบบนี้

1. ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมกับโรงพยาบาล
2. ทำให้สามารถทราบแนวทางในการคำนวณที่มีประโยชน์ เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

3. เพื่อเป็นข้อเสนอแนะให้กับหน่วยงานของรัฐต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อการส่งเสริมการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานต่อไป

4. ได้ข้อเสนอแนะในการลดความแออัดในโครงข่ายไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง (Peak)

### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Battery Energy Storage System (BESS) คือ ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่
2. Time of Use Rate (TOU) คือ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้
3. Peak คือ ช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง
4. Off peak คือ ช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ
5. อัดประจุ (Charge) คือ การอัดประจุไฟฟ้าเข้าสู่ระบบกักเก็บพลังงาน
6. คายประจุ (Discharge) คือ การคายประจุออกจากระบบกักเก็บพลังงาน
7. Grid คือ โครงข่ายไฟฟ้า
8. kW คือ กิโลวัตต์ หน่วยเอสไอของกำลัง
9. kWh คือ กิโลวัตต์ชั่วโมง หน่วยวัดความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเรียกโดยทั่วไปว่า หน่วย (unit)
10. MW คือ เมกะวัตต์ หน่วยไอเอสของกำลัง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงพรรณนา และข้อมูลเชิงปริมาณ โดย การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนานั้นจะรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ สถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย ในด้านของนโยบายภาครัฐ การนำไปใช้งานจริง เทคโนโลยีที่ใช้งาน เพื่อให้ทราบข้อมูลแนวโน้มของเทคโนโลยี และทำการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา โดยจะมีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรม ดังนี้ ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม การยอมรับนวัตกรรม และ Norm-activation Theory ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้นจะวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจที่มีการปรับค่าของเวลา ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit–Cost Ratio: B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP) รวมไปถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรม

##### 2.1.1 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory)

Everett Roger (1995, อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ ศิริพจนากุล, 2559) เป็นบุคคลที่คิดค้น และได้พิสูจน์ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation Theory) โดยทฤษฎีนี้เน้นความเชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงสังคมและวัฒนธรรมเกิดขึ้นจากการแพร่กระจายของสิ่งใหม่ๆ จากสังคมหนึ่งไปยังอีกสังคมหนึ่งและสังคมนั้นรับเข้าไปใช้สิ่งใหม่ๆ นี้ คือ นวัตกรรม ซึ่งเป็นทั้งความรู้ ความคิด เทคนิควิธีการ และเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยได้อธิบายทฤษฎีกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรมนี้ว่ามีตัวแปรหรือองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 4 ประการ (Four main element in the diffusion of innovations) คือ

1. นวัตกรรม (Innovation) หรือสิ่งใหม่ที่จะแพร่กระจายไปสู่สังคมเกิดขึ้น นวัตกรรมที่จะแพร่กระจายและเป็นที่ยอมรับของคนในสังคมนั้น โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นความคิดและส่วนที่เป็นวัตถุ นวัตกรรมใดจะถูกยอมรับหรือไม่นั้น นอกจากจะเกี่ยวกับตัวผู้รับ ระบบสังคม และรับการสื่อสารแล้ว ตัวของนวัตกรรมเองก็มีความสำคัญ นวัตกรรมที่ยอมรับได้ง่ายควรจะต้องมีลักษณะ 5 ประการ โดยนวัตกรรมที่มีลักษณะตรงกันข้ามกันกับ 5 ประการ ต่อไปนี้มักจะเป็นที่ยอมรับได้ยาก

- (1) ได้ประโยชน์มากกว่าเดิมเข้ามาแทนที่ (Relative Advantage)
- (2) มีสอดคล้องกับวัฒนธรรมในสังคมที่จะรับ (Compatibility)
- (3) ไม่มีความสลับซับซ้อนมากนัก (Complexity)
- (4) สามารถแบ่งทดลองครั้งละน้อยได้ (Trial ability)
- (5) สามารถมองเห็นหรือเข้าใจได้ง่าย (Observability)

2. การสื่อสารโดยผ่านสื่อทางใดทางหนึ่ง (Types of Communication) เพื่อให้คนในสังคมได้รับรู้ระบบการสื่อสาร การสื่อสาร คือ การติดต่อระหว่างผู้ส่งข่าวสารกับผู้รับข่าวสาร โดยผ่านสื่อหรือตัวกลางใดตัวกลางหนึ่งที่นวัตกรรมนั้นแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิดไปสู่ผู้ใช้หรือผู้รับนวัตกรรม อันเป็นกระบวนการกระทำระหว่างกันของมนุษย์ การสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการรับนวัตกรรมมาก

3. เกิดในช่วงเวลาหนึ่ง (Time or Rate of Adoption) เพื่อให้คนในสังคมได้รู้จักนวัตกรรม แนวความคิดใหม่หรือมีการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่แล้วมาใช้ในรูปแบบใหม่เพื่อทำให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจและกระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรมต้องอาศัยระยะเวลาและมีลำดับขั้นตอนเพื่อให้บุคคลปรับตัวและยอมรับนวัตกรรมหรือแนวความคิดใหม่ (a given time period)

4. ระบบสังคม (Social System) โดยการแพร่กระจายเข้าสู่สมาชิกของสังคม ระบบสังคมจะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายและการรับนวัตกรรม กล่าวคือ สังคมสมัยใหม่ระบบของสังคมจะเอื้อต่อการรับนวัตกรรม ทั้งความรวดเร็วและปริมาณที่จะรับ (Rate of Adoption) เพราะมีบรรทัดฐานและรับค่านิยมของสังคมที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นเมื่อมีการแพร่กระจายสิ่งใหม่เข้ามา สังคมก็จะยอมรับได้ง่าย ส่วนสังคมโบราณหรือสังคมที่ติดยึดกับความเชื่อต่างๆ ซึ่งเป็นสังคมล้าหลังจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับสังคมสมัยใหม่ ความรวดเร็วของการแพร่กระจายและปริมาณที่จะรับนวัตกรรมจึงเกิดได้ช้ากว่าและน้อยกว่าหรืออาจจะไม่ยอมรับเลยก็ได้

### 2.1.2 การยอมรับนวัตกรรม

การยอมรับว่าเป็นกระบวนการ (Process) ที่เกิดขึ้นทางจิตใจภายในบุคคล เริ่มจากได้ยินในเรื่องราววิทยากรนั้นๆ จนกระทั่งยอมรับนำไปใช้ในที่สุด ซึ่งกระบวนการนี้มีลักษณะคล้ายกับกระบวนการเรียนรู้และการตัดสินใจ (Decision Making) โดยได้แบ่งกระบวนการยอมรับออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นรับรู้หรือตื่นตน (Awareness Stage) เป็นขั้นเริ่มแรกที่น่าไปสู่การยอมรับหรือปฏิเสธสิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ได้รับรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ (นวัตกรรม) ที่เกี่ยวข้องกับประกอบอาชีพหรือกิจกรรมของเขา แต่ยังไม่ได้รับข่าวสารไม่ครบถ้วน ซึ่งการรับรู้มักเป็นการรับรู้โดยบังเอิญและจะทำให้เกิดความอยากรู้ต่อไป อันเนื่องมาจากมีความต้องการวิทยากรใหม่ๆ นั้น ในการแก้ปัญหาที่ตนเองมีอยู่

ขั้นที่ 2 ขั้นสนใจ (Interest Stage) เป็นขั้นที่เริ่มมีความสนใจแสวงหารายละเอียดเกี่ยวกับวิทยากรใหม่ๆ เพิ่มเติม พฤติกรรมนี้เป็นไปในลักษณะที่ตั้งใจแน่ชัด และใช้กระบวนการคิดมากกว่าขั้นแรก ซึ่งในขั้นนี้จะทำให้ได้รับความรู้เกี่ยวกับสิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่มากขึ้น ซึ่งบุคลิกภาพและค่านิยม ตลอดจนบรรทัดฐานทางสังคมหรือประสบการณ์เดิมจะมีผลต่อบุคคลนั้น และมีผลต่อการติดตามข่าวสารหรือรายละเอียดของสิ่งใหม่หรือวิทยากรใหม่นั้นด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นประเมินค่า (Evaluation Stage) เป็นขั้นที่จะไตร่ตรองว่าจะลองใช้วิธีการหรือวิทยากรใหม่ๆ นั้นดีหรือไม่ ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียว่า เมื่อนำมาใช้แล้วจะเป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมของตนหรือไม่ หากรู้สึกว่ามีข้อดีมากกว่าจะตัดสินใจใช้ ขั้นนี้จะแตกต่างจากขั้นอื่นๆ ตรงที่เกิดการตัดสินใจที่จะลองความคิดใหม่ๆ โดยบุคคลมักจะคิดว่าการใช้วิทยากรใหม่ๆ นั้นเป็นการเสี่ยงไม่แน่ใจถึงผลที่จะได้รับ ดังนั้นในขั้นนี้จึงต้องการแรงเสริม



(Reinforcement) เพื่อให้เกิดความแน่ใจยิ่งขึ้นว่าสิ่งที่เขาตัดสินใจแล้วนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการให้คำแนะนำให้ข่าวสารเพื่อประกอบการตัดสินใจ

ขั้นที่ 4 ขั้นทดลอง (Trial Stage) เป็นขั้นที่บุคคลทดลองใช้วิทยาการใหม่ๆ นั้น กับสถานการณ์ของตน ซึ่งเป็นการทดลองดูกับส่วนน้อยก่อน เพื่อจะได้ดูว่าได้ผลหรือไม่ ในขั้นนี้บุคคลจะแสวงหาข่าวสารที่เฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับวิทยาการใหม่หรือนวัตกรรมนั้น

ขั้นที่ 5 ขั้นตอนการยอมรับ (Adoption Stage) เป็นขั้นที่บุคคลยอมรับวิทยาการใหม่ๆ นั้นไปใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมของตนอย่างเต็มที่หลังจากที่ได้ทดลองปฏิบัติและเป็นประโยชน์ในสิ่งนั้นแล้วอย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่า ทฤษฎีกระบวนการยอมรับวิทยาการใหม่ๆ หรือนวัตกรรมของ Roger นั้น มีจุดบกพร่องในกระบวนการยอมรับดังกล่าวหลายประการด้วยกัน คือ

1. กระบวนการนี้มักจะจบด้วยการตัดสินใจยอมรับนวัตกรรมนั้น ซึ่งตามความจริงแล้วเมื่อบุคคลในบรรลุถึงขั้นประเมินผลแล้วอาจจะปฏิเสธก็ได้

2. ขั้นตอนที่ 5 กระบวนการ อาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนก็ได้เพราะบางขั้นตอนถูกข้ามไปได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นทดลองและขั้นประเมินผล อาจจะสามารถทำได้ตลอดกระบวนการได้

3. กระบวนการนี้มักจะจบลงโดยการยอมรับนวัตกรรมนั้น แต่หากเขามีโอกาสในการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อยืนยันหรือสนับสนุนการตัดสินใจในการยอมรับหรือไม่ยอมรับนวัตกรรมนั้นได้ ดังนั้น จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขกระบวนการยอมรับดังกล่าว และได้เสนอแบบจำลองของกระบวนการตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับนวัตกรรมแทน (Innovation Decision Process) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

3.1 ขั้นความรู้ (Knowledge) ขั้นนี้บุคคลจะรับทราบเกี่ยวกับนวัตกรรมและมีความเข้าใจบางอย่างเกี่ยวกับหน้าที่การทำงานของนวัตกรรม

3.2 ขั้นชักชวนหรือสนใจ (Interest) บุคคลจะรู้สึกชอบหรือไม่ชอบการยอมรับนวัตกรรมนั้น เพราะมีทัศนคติที่ดีหรือไม่ดีต่อนวัตกรรมนั้นเอง

3.3 ขั้นตัดสินใจ (Decision) บุคคลจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือไม่ยอมรับนวัตกรรม

3.4 ขั้นยืนยัน (Confirmation) บุคคลจะแสวงหาแรงเสริม (Reinforcement) เพื่อยอมรับการใช้นวัตกรรมต่อไป แต่เขาอาจจะเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจหากพบข้อขัดแย้งเกี่ยวกับนวัตกรรมภายหลังก็ได้

การยอมรับเป็นกระบวนการทางจิตใจของบุคคล ซึ่งจะยอมรับหรือไม่นั้นเป็นการตัดสินใจด้วยตัวเอง ปัญหาจึงมีอยู่ว่าทำอย่างไรที่จะจูงใจให้เขายอมรับและนำไปปฏิบัติตามที่ตั้งมุ่งหวัง หากพิจารณาโดยถ่องแท้แล้วจะเห็นได้ว่าการจูงใจให้เขายอมรับและปฏิบัติตามนั้น มิได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคและศิลปะในการจูงใจของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับตัวแนวคิดหรือวิธีการใหม่ ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ด้วย

### 2.1.3 Norm-Activation Theory

Schwartz (1977, อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ ศิริพจนากุล, 2559) เสนอทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับอธิบายการเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ โดยมีสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเป็นไปเพื่อสิ่งที่ดีขึ้น ในมุมมองของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Pro-environment) ก็เช่นเดียวกัน มนุษย์จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ก็ต่อเมื่อรับรู้ถึงผลกระทบดังกล่าวที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Non-human Species) และธรรมชาติ (Biosphere) ตามหลักการของ Norm Activation Theory กล่าวว่า มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมหรือเปลี่ยนพฤติกรรมไปในแนวทางที่สนับสนุนเป้าหมายที่ตั้งไว้ของตนเอง ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นเกิดจิตสำนึกในใจถึงสิ่งที่ถูกต้อง และเชื่อมโยงไปถึงความคาดหวังถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งเป็นผลมาจากคุณค่าที่มีอยู่ในสิ่งที่พิจารณา (Values) ความเชื่อหรือการรับรู้ในคุณค่าของสิ่งนั้น ๆ (Beliefs) และบรรทัดฐานของบุคคล (Personal Norm) ทั้งนี้ความสำเร็จในการเปลี่ยนพฤติกรรม จะเป็นผลมาจากการปลุกเร้าบรรทัดฐานเชิงมโนธรรม (Moral Norm) ให้เกิดขึ้นในบุคคล การเปลี่ยนพฤติกรรมจะเกิดขึ้นหรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับระดับของการปลุกเร้าซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ประการแรก ได้แก่ การยอมรับในคุณค่าของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเป็นสิ่งที่บุคคลทั่วไปในสังคมให้ความสำคัญ (Personal Values) ประการที่สอง ได้แก่ การที่บุคคลเชื่อว่าสิ่งสำคัญที่ก่อให้เกิดคุณค่าในสิ่งที่ว่านั้น อยู่ในภาวะวิกฤติ หรือการตระหนักถึงผลกระทบที่ตามมาจากการกระทำต่อบุคคลอื่น (Awareness of Consequence) ซึ่งโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นไปที่ภาวะวิกฤติของสิ่งที่คนทั่วไปในสังคมเห็นพ้องกันว่ามีความสำคัญและมีคุณค่า และประการสุดท้ายได้แก่การตระหนักถึงความรับผิดชอบในผลของการกระทำที่มีต่อบุคคล (Ascription of Responsibility) นั่นคือ การเชื่อว่าผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อบุคคลอื่นในสังคม และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ หรือธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของตัวเรานั้นสามารถบรรเทาหรือแก้ไขได้ ด้วยการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง และเชื่อว่าการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือการกระทำดังกล่าว

สามารถบรรเทาวิกฤติที่เกิดขึ้นและฟื้นฟูสิ่งที่มีคุณค่าสำหรับคนในสังคมที่ถูกทำลายลงไปแล้วนั้นให้กลับมามีสภาพที่ดีเหมือนเดิมได้จึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนพฤติกรรมมนุษย์นั้น อาศัยปัจจัยทางด้านทัศนคติ ความเชื่อความตระหนัก การเห็นคุณค่าต่อสิ่งที่เกิดขึ้น เช่น การรักษาอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้อยู่คู่กับสังคม การรณรงค์ลดภาวะโลกร้อน ซึ่งสิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความตระหนักในคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ในการที่จะช่วยกันปกป้องรักษาทรัพยากรให้ลูกหลานได้ใช้ในอนาคต ด้วยเหตุนี้มนุษย์จึงต้องมีมาตรการในการอนุรักษ์ทรัพยากร อันประกอบด้วย การถนอมรักษา (Preservation) การฟื้นฟู (Restoration or Renewal) การนำสิ่งอื่นมาใช้ทดแทน (Substitution) เป็นต้น มาตรการดังกล่าวเป็นสิ่งที่มนุษย์เป็นผู้ตั้งขึ้นเพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีการใช้อย่างคุ้มค่ามากที่สุดและเกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามาตรการต่าง ๆ เป็นเครื่องมือในการกำหนดพฤติกรรมของคนในสังคมเพื่อสร้างความตระหนักและสร้างจิตสำนึกในการใช้ทรัพยากร

## 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

### 2.2.1 ต้นทุนของเงินทุน (Cost of Capital)

ทฤษฎี พิชิตถก (2557) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการจัดหาแหล่งเงินทุนมาใช้ในธุรกิจทั้งจากระยะสั้น หรือ ระยะยาว อันได้แก่ จากการกู้ยืม หุ้นกู้ หุ้นบุริมสิทธิ และ ส่วนของเจ้าของ ซึ่งแต่ละประเภทมีต้นทุนของเงินทุนที่แตกต่างกันไป

1. จากการกู้ยืม และ หุ้นกู้ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายประเภท ดอกเบี้ย
2. หุ้นบุริมสิทธิและส่วนของเจ้าของ เช่นค่าใช้จ่ายประเภทเงินปันผล

## 2.2.2 โครงสร้างของต้นทุน (Cost)

สามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

### 1. จำแนกตามลักษณะที่ใช้ในการจัดทำงบการเงิน

(1) ต้นทุนผลิตภัณฑ์ (Product cost) ประกอบด้วย วัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการผลิต ค่าแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดขึ้นเพื่อสนับสนุนให้การผลิตสำเร็จผล

(2) ต้นทุนประจำงวด (Period cost) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการขาย และบริหาร ค่าเช่า ซึ่งจะไม่รวมกับค่าใช้จ่ายต้นทุนผลิตภัณฑ์

### 2. จำแนกตามลักษณะความสัมพันธ์กับสิ่งที่คิดต้นทุน

(1) ต้นทุนทางตรง (Direct cost) เช่น วัตถุดิบทางตรง และ ค่าแรงงานทางตรง

(2) ต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) เช่น เงินเดือนผู้จัดการโรงงาน ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า เป็นต้น

### 3. จำแนกตามลักษณะพฤติกรรมต้นทุน

(1) ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรม เช่น วัตถุดิบทางตรงที่จะเพิ่มขึ้นหากการผลิตเพิ่มขึ้น

(2) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกิจกรรม เช่น ค่าเช่าเครื่องจักร ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ไม่ว่าจะผลิตมากหรือน้อย ค่าใช้จ่ายนี้ก็จะเกิดขึ้นเต็มจำนวน

(3) ต้นทุนผสม (Mixed cost) มีลักษณะเป็นทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ซึ่งจะผันแปรตามจำนวนที่ใช้ ขณะเดียวกันก็มีค่าใช้จ่ายคงที่ในการดูแลรักษาเครื่องจักร

## 2.2.3 การประเมินโครงการด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนและประโยชน์ของโครงการ

เป็นการประเมินต้นทุน ผลตอบแทน ค่าใช้จ่ายต่างๆ รวมไปถึงผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการ เพื่อให้ทราบว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ ซึ่งจะมีการพิจารณา ดังนี้

### 2.2.3.1 อัตราคิดลด (Discount Rate)

คือ การหาอัตราคิดลดผ่านการใช้แบบจำลองการกำหนดราคาของสินทรัพย์ (Capital Asset Pricing Model: CAPM) ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2

$$E(R_i) = \text{Risk free rate} + \text{Risk premium} \quad (2.1)$$

$$E(R_i) = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f) \quad (2.2)$$

โดยที่

$E(R_i)$  คือ อัตราผลตอบแทนที่เหมาะสมของหลักทรัพย์  $i$  ในที่นี้คือ ต้นทุนค่าเสียโอกาสหรือ อัตราคิดลด

$R_f$  คือ อัตราผลตอบแทนที่ปราศจากความเสี่ยง

$E(R_m)$  คือ อัตราผลตอบแทนที่คาดหวังจากตลาดหลักทรัพย์

$\beta_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์  $i$   
โดยอัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยงสามารถหาได้จากอัตราผลตอบแทนของตราสารหนี้ระยะสั้นของรัฐบาลเพื่อจัดความเสี่ยงด้านความผันผวนของอัตราดอกเบี้ย ส่วนอัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์ใช้ข้อมูลดัชนีราคาจากตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเฉลี่ยย้อนหลังเป็นระยะเวลา 10 ปี

### 2.2.3.2 ต้นทุนช่วงอายุ (Life Cycle Costing: LCC)

การวิเคราะห์ต้นทุนวงจรอายุของโครงการเลือกออกแบบตลอดช่วงอายุการใช้งานของโครงการตลอดช่วงอายุการใช้งานโดยการคำนวณต้นทุนวงจรอายุการใช้งานและนำต้นทุนเหล่านั้นมาหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยการคำนวณต้นทุนวงจรอายุการใช้งานมาใช้ดังแสดงในสมการที่ 2.3-2.6

$$\text{Life Cycle Costing} = \text{Capital expenditure} + \text{Operation expenditure} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Capital expenditure} &= \text{Equipment cost} + \text{Installation cost} + \\ &\quad \text{Project management cost} \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Operation expenditure} &= \text{Maintenance cost} + \text{Electricity cost} \\ &\quad + \text{Disposal costs} \end{aligned} \quad (2.5)$$

โดยที่สมการที่ 2.3 แสดงถึงต้นทุนตลอดอายุการใช้งานของโครงการนั้นจะแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital expenditure) และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operation expenditure)

สมการที่ 2.4 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital expenditure) ประกอบด้วยต้นทุนค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ (Equipment cost) ต้นทุนในการติดตั้ง (Installation cost) และต้นทุนในการบริการโครงการ (Project management cost)

สมการที่ 2.5 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operation expenditure) เมื่อเริ่มดำเนินการโครงการประกอบด้วยต้นทุนค่าบำรุงรักษา (Maintenance cost) ต้นทุนค่าไฟฟ้า (Electricity cost) โดยค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานแต่ละปีจะนำมาคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิจากสมการที่ 2.6

$$PV_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} \quad (2.6)$$

โดยที่

$PV_0$  คือ มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

$FV_j$  คือ มูลค่าของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในปีที่  $j$

$i$  คือ อัตราคิดลด

โดยการประมาณการต้นทุนที่จะเกิดขึ้นในการลงทุนสร้างระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

## ตารางที่ 2.1 ต้นทุนของโครงการ

ประเภท	รายละเอียด
ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น (Initial cost)	1. ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์
	2. ค่าติดตั้ง
	3. ค่าบริหารจัดการ
ต้นทุนในการดำเนินการ (Operation cost)	1. ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์
	2. ค่าจ้างผู้ดูแล
	3. ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภค

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

### 2.2.3.3 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ หมายถึงการนำกระแสเงินสด สุทธิที่ได้รับในแต่ละปีมาคำนวณหาค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งมาจากกำไรก่อนดอกเบี้ยจ่ายและภาษีบวกกลับด้วยค่าเสื่อมราคา ในการคำนวณเปรียบเทียบผลรวมที่ได้กับเงินลงทุนในครั้งแรกว่ามีค่าเป็นบวกหรือมากกว่า

$$NPV = PVB - PVC \quad (2.7)$$

$$= \sum_{j=1}^n \frac{B_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

$$= \sum_{t=1}^n \frac{B_j - C_j}{(1+i)^j} \quad \text{หรือ} \quad = \sum_{t=1}^n (B_j - C_j)(1+i)^{-j}$$

โดยที่

NPV คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากโครงการ

$B_j$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $j$

$C_j$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่  $j$

$j$  คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$

$n$  คือ อายุของโครงการ

$i$  คือ อัตราคิดลด

PVB คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน

PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

### 2.2.3.4 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

หมายถึง การหาผลตอบแทนเป็นร้อยละที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาโครงการมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุน

$$\sum_{j=1}^n \frac{B_j - C_j}{(1+IRR)^j} = 0 \quad (2.8)$$

โดยที่

$B_j$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $j$

$C_j$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่  $j$

$j$  คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$

$n$  คือ อายุของโครงการ (Project Line)

IRR คือ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ

### 2.2.3.5 ระยะเวลาคืนทุนโครงการ (Payback Period: PBP)

ระยะเวลาคืนทุนโครงการ หมายถึง จำนวนปีในการดำเนินการที่ทำให้ผลตอบแทนสุทธิในแต่ละปีมีค่ารวมกันเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิต่อปี}} \quad (2.9)$$

### 2.2.3.6 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ (Benefit-cost Ratio: B/C Ratio)

อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนโครงการ หมายถึง อัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างราคาปัจจุบันของผลตอบแทนของต้นทุนซึ่งหากมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ามีผลตอบแทนเกินกว่าเงินที่ลงทุน

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{PVB}{PVC} \quad (2.10)$$

$$\frac{B}{C} \text{ Ratio} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$$

โดยที่

$B_j$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $t$

$C_0$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ 0

$C_t$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่  $t$

$j$  คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$

$n$  คือ อายุของโครงการ (Project Line)

$i$  คือ อัตราคิดลด

PVB คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน

PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

### 2.2.4 เกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน

1. การไม่คำนึงถึงค่าเงินตามเวลา หมายถึง การประเมินค่าโครงการโดยไม่ นำเอาค่าของเงินเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ การหาจำนวนปีที่ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มกับเงินที่ลงทุนไป หรือไม่ ด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน

2. การคำนึงถึงค่าเงินตามเวลา หมายถึง การประเมินความเป็นไปได้ของ โครงการเปรียบเทียบตามมูลค่าเงินที่ได้รับกับเงินที่ลงทุน ตลอดช่วงระยะเวลาที่นั้นๆ ได้แก่

(1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ ที่มีค่ามากกว่า 0

(2) อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน ที่มีค่ามากกว่า 1

(3) อัตราส่วนผลตอบแทนภายในโครงการ ที่มีค่าสูงกว่าดอกเบี้ย

3. เกณฑ์การพิจารณายอมรับผลตอบแทนในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

การคิดอัตราผลตอบแทนหรืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของ ผลตอบแทนโครงการเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดต้นทุน

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานที่เกี่ยวข้องกับระบบกักเก็บพลังงานที่สามารถนำมาเป็นแนวใน การศึกษานี้ส่วนใหญ่นั้นจะเป็นการศึกษาจากต่างประเทศ งานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับระบบกักเก็บพลังงาน ในประเทศไทยนั้นยังค่อนข้างมีอยู่จำกัดเพราะถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่และอาจจะยังมีต้นทุนที่สูงอยู่

#### 2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากต่างประเทศ

Zebarjadi and Askarzadeh (2016) ทำการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการ ผลิตไฟฟ้าจาโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยการเปรียบเทียบในกรณีเชื่อมต่อโครงข่าย ไฟฟ้ากับโซลาร์เซลล์ปกติ และโครงข่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อโซลาร์เซลล์ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน เพื่อ วิเคราะห์ว่าระบบกักเก็บพลังงานจะทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่ โดยกรณีศึกษาที่เมืองในประเทศอิหร่าน ซึ่งงานวิจัยข้างต้น ทำการแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1 ไม่มีระบบกักเก็บพลังงานในการออกแบบระบบ สถานการณ์ที่ 2 มีระบบกักเก็บ พลังงานเข้าร่วมในระบบ แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า จากการอ้างอิงอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน ประเทศอิหร่าน พบว่า การใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าเชื่อมต่อกับ ระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นยังไม่เหมาะสมในการนำระบบ พลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ แต่หากอัตราค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก ปัจจุบัน 3.8 เท่า การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบจะทำให้ ระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นสำหรับในสถานการณ์ที่ 2 แบบโครงข่ายไฟฟ้า เชื่อมกับระบบผลิต พลังงานแสงอาทิตย์และมีระบบกักเก็บพลังงานร่วมด้วย งานวิจัยระบุว่า ในกรณีอัตราค่าไฟ มีค่าต่ำ การมีระบบกักเก็บพลังงานยังไม่ทำให้ประสิทธิภาพ ของระบบดีขึ้น แต่หากอัตราค่าไฟเพิ่มขึ้นจากเดิม การใช้แผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานจะช่วยให้มีความคุ้มค่าของระบบมากขึ้น เพราะ เมื่อสร้างพลังงานจากพลังงานหมุนเวียนมากกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้า พลังงานส่วนเกินจะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ พลังงานที่เก็บไว้จะนำไปใช้ในกรณีความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดไม่พอ แบตเตอรี่จะ

เป็นหน่วยที่สำรองไฟ เพื่อตอบสนองกับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มากกว่าการผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์เพียงอย่างเดียวแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกันระบบกักเก็บพลังงาน

Rodrigues, Faria, Cafofo, and Morgado-Dias (2017) ได้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบโซลาร์เซลล์ (PV) ที่ขนาดต่างๆ กัน แบบมีแบตเตอรี่และไม่มีแบตเตอรี่ติดตั้งร่วม โดยเปรียบเทียบกันในแต่ละเมืองของประเทศโปรตุเกส โดยใช้ PV ที่ขนาดต่างๆ กัน ได้แก่ 1 กิโลวัตต์ 3 กิโลวัตต์ และ 5 กิโลวัตต์ แบบมีแบตเตอรี่และไม่มีแบตเตอรี่ โดยเปรียบเทียบกันในแต่ละเมืองของประเทศโปรตุเกส จากการศึกษาพบว่า PV ควรจะมีขนาดเท่ากับการบริโภคไฟฟ้า ซึ่งจะให้กำไรมากที่สุด โดยการผลิตแล้วใช้เอง 100 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรมากกว่าการผลิตแล้วใช้เองแค่ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่ เพราะแบตเตอรี่ยังมีราคาสูง

Telaretti, Ippolito, and Dusonchet (2015) ทำการศึกษาการดำเนินงานของกลยุทธ์ในการเก็งกำไรจากผลต่างของอัตราค่าไฟฟ้าด้วยระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ที่ใช้อัตราค่าไฟตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use: TOU) ที่มีระดับอัตราค่าไฟฟ้าที่ต่างกันเพื่อทำการซื้อไฟมากกักเก็บไว้ ในขณะที่ช่วงที่ไฟฟ้ามีอัตราค่าไฟฟ้าถูก และทำการขายคืนเข้าสายส่งในช่วงที่มีอัตราค่าไฟฟ้าแพง โดยการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่สามประเภทได้แก่ Lead-acid, Lithium-ion และ Sodium-sulfur ในการบริหารจัดการพลังงานให้เหมาะสม ผลจากการจำลองข้อมูล ณ ค่าไฟฟ้าในขณะที่ทำการวิจัยนี้(ค.ศ. 2015) ยังไม่มีเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานใดที่คุ้มค่าการลงทุน เนื่องจากต้องมีการลงทุนล่วงหน้าที่สูง แต่อย่างไรก็ตามหากมีการสนับสนุนเงินอุดหนุนเพื่อลดต้นทุนลง จะทำให้การใช้แบตเตอรี่ประเภท Sodium-sulfur มีความคุ้มค่ามากที่สุด

Rahman, Mac-Clure, Vittal, and Valencia (2017) ทำการศึกษาหาจุดคุ้มทุนของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่เพื่อลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยศึกษาปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดกำไรก็คือ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ อายุการใช้งาน (จำนวนรอบในการอัดประจุและคายประจุ) ของแบตเตอรี่ และ ราคาต้นทุนของแบตเตอรี่ โดยมีเป้าหมายในการหาระดับราคาต้นทุนของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนั้นควรอยู่ในระดับใดที่จะทำให้มีกำไรจากการลงทุนอย่างเหมาะสมผลจากการศึกษาคือ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ร้อยละ 75 และอายุการใช้งานการอัดประจุ 3,000 รอบ จะพบว่า ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นมีต้นทุนอยู่ที่ 400 USD/kW และ 200 USD/kWh ซึ่งสอดคล้องกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและสังกะสีโบรมีนที่มีอยู่ในปัจจุบัน

Salles, Huang, Aziz, and Hogan (2017) ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาว่าเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจในการกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อกักเก็บไว้ใช้ในช่วงที่มีราคาแพงกว่า โดยทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่ เริ่มต้นที่ 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มครั้งละ 1 ชั่วโมง จนไปถึง 14 ชั่วโมง และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลการอัดประจุและคายประจุ เพื่อให้มีกำไรสูงสุดจากการใช้แบตเตอรี่มาเก็งกำไรจากค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ผลจากการทดลองทำให้ทราบว่าลักษณะสำคัญของจุดที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นคือ การมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่สูง, ค่าไฟฟ้ามีความผันผวนสูง เป็นต้น และการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการคายประจุจากแบตเตอรี่จะเป็นสิ่งที่ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และราคาของระบบกักเก็บพลังงาน ยังต่ำไม่พอที่จะทำให้ไม่สามารถทำกำไรได้ในบางพื้นที่ ที่ระดับค่าไฟฟ้าไม่ผันผวน



International Renewable Energy Agency (2017) ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบกักเก็บพลังงานที่จะเริ่มมีบทบาทที่สำคัญและโดดเด่นมากๆ ในระบบไฟฟ้ารวมไปถึงระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์แถมยังเป็นการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มาจากการผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

ระบบกักเก็บพลังงานจะเป็นหัวใจสำคัญ ของการเปลี่ยนแปลงในวงการพลังงานตลอดห่วงโซ่มูลค่าของระบบไฟฟ้า เพราะระบบกักเก็บพลังงานนั้นสามารถลดข้อจำกัดในโครงข่ายไฟฟ้าลง และช่วยเลื่อนการลงทุนการขยายระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้ และยังสามารถช่วยให้ผู้บริโภคไฟฟ้าสามารถจัดการกับค่าใช้จ่ายให้ลดลงได้ เช่น การลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลง (peak shaving) เพิ่มการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นเองสำหรับระบบที่มีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน

แนวโน้มของการใช้งานหลักในปี ค.ศ. 2030 คาดว่าน่าจะเป็นการใช้ระบบกักเก็บพลังงาน เพื่อลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงหรือการเปลี่ยนเวลาในการบริโภค (time shift) เพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายจากความต้องการพลังงานสูงสุดสำหรับทั้งภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม

ทีมงานผู้วิจัยคาดว่าในปี ค.ศ. 2030 ราคาของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) จะลดลงมาอีกประมาณร้อยละ 54 ถึงร้อยละ 61 ซึ่งที่ผ่านมาระหว่างปี ค.ศ. 2010-2016 จะพบว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีราคาที่ลดลงมาถึงร้อยละ 73

ในเรื่องของการใช้งานแบตเตอรี่เพื่อลดความต้องการสูงสุดของการใช้ไฟฟ้า (peak shaving) จากการศึกษาพบว่า แบตเตอรี่ประเภทตะกั่วกรด (lead-acid) และแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Li-ion) ทุกประเภท เหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งในระบบกักเก็บพลังงานไว้เพื่อปลดปล่อยมาใช้งานในช่วงที่มีการใช้งานสูงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า

หากนำแบตเตอรี่ทั้งสองประเภทมาเปรียบเทียบกัน แล้วจะพบว่า มีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าแบตเตอรี่ตะกั่วกรด และ ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา ไม่มีการปลดปล่อยแก๊ส ติดตั้งง่าย สามารถแขวนติดผนังได้ ประสิทธิภาพในการใช้งานสูงกว่า และมีต้นทุนในความเป็นเจ้าของที่ต่ำกว่าหากพิจารณาที่อายุการใช้งานและประสิทธิภาพในการใช้งาน

ตารางที่ 2.2 สรุปประเด็นสำคัญงานศึกษาจากต่างประเทศในอดีตที่เกี่ยวข้อง

ผู้ศึกษา	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา
Masoud Zebarjadi and Alireza Askarzadeh (2016)	เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า โดยการเปรียบเทียบในกรณีเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้ากับโซลาร์เซลล์ปกติ และโครงข่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อโซลาร์เซลล์ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน เพื่อวิเคราะห์ว่าระบบกักเก็บพลังงานจะทำให้ระบบ พลังงานมีความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่	วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางเศรษฐศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1 ไม่มีระบบกักเก็บพลังงานในการออกแบบระบบ สถานการณ์ที่ 2 มีระบบกักเก็บพลังงานเข้าร่วมในระบบ	พบว่า การใช้ไฟฟ้าจากโครงข่ายไฟฟ้าเชื่อมต่อกับระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์นั้นยังไม่เหมาะสมในการนำระบบ พลังงานแสงอาทิตย์เข้ามาใช้ แต่หากค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก ปัจจุบัน 3.8 เท่า การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในระบบจะทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นสำหรับในสถานการณ์ที่ 2 แบบโครงข่ายไฟฟ้า เชื่อมกับระบบผลิตพลังงานแสงอาทิตย์และมีระบบกักเก็บพลังงานร่วมด้วย งานวิจัยระบุว่า ในกรณีค่าไฟฟ้า มีราคาต่ำ การมีระบบกักเก็บพลังงานยังไม่ทำให้ประสิทธิภาพ ของระบบดีขึ้น แต่หากค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิม การใช้ PV- storage hybrid จะช่วยให้มีความคุ้มค่าของระบบมากขึ้น
Sandy Rodrigues, Fabio Faria, Nuno cafofo and F. Morgado-Dias (2017)	เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบโซลาร์เซลล์ (PV) ที่ขนาดต่างๆ กัน แบบมีแบตเตอรี่ และไม่มีแบตเตอรี่ติดตั้งรวม	เปรียบเทียบกันในแต่ละเมืองของประเทศโปรตุเกส โดยใช้ PV ที่ขนาดต่างๆ กัน ได้แก่ 1 กิโลวัตต์ 3 กิโลวัตต์ และ 5 กิโลวัตต์ แบบมีแบตเตอรี่และไม่มีแบตเตอรี่ โดยเปรียบเทียบกันในแต่ละเมืองของประเทศโปรตุเกส	พบว่า PV ควรจะมีขนาดเท่ากับการบริโภคไฟฟ้า ซึ่งจะให้กำไรมากที่สุด โดยการผลิตแล้วใช้เองร้อยละ 100 มีกำไรมากกว่าการผลิตแล้วใช้เองแค่ร้อยละ 70 โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่เพราะแบตเตอรี่ยังมีราคาสูง

ตารางที่ 2.2 สรุปประเด็นสำคัญงานศึกษาจากต่างประเทศในอดีตที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้ศึกษา	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา
Enrico Telaretti, Mariano Ippolito and Luigi Dusonchet (2015)	ทำการศึกษาค่าเงินงานของกลยุทธ์ในการเก็งกำไรจากผลต่างของค่าไฟฟ้าด้วยระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ที่ใช้อัตราค่าไฟตามช่วงเวลาการใช้งาน	ทำการซื้อไฟมาเก็บไว้ ในขณะที่ช่วงที่ไฟฟ้ามีราคาถูก และทำการขายคืนเข้าสายส่งในช่วงที่มีราคาแพง โดยการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่สามประเภทได้แก่ Lead-acid Lithium-ion และ Sodium-sulfur ในการบริหารจัดการพลังงานให้เหมาะสม	พบว่า ยังไม่มีเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานใดที่คุ้มค่าการลงทุน เนื่องจากต้องมีการลงทุนล่วงหน้าที่สูง แต่อย่างไรก็ตามหากมีการสนับสนุนเงินอุดหนุนเพื่อลดต้นทุนลง
Claudia Rahman, Benjamin Mac-Clure, Vijay Vittal and Felipe Valencia (2017)	ทำการศึกษาหาจุดคุ้มทุนของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่เพื่อลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	ทำการหาระดับราคาต้นทุนของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนั้นควรอยู่ในระดับใดที่จะทำให้มีการลงทุนอย่างเหมาะสม ซึ่งพิจารณาจาก ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดกำไรก็คือ ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ อายุการใช้งาน (จำนวนรอบในการอัดประจุและคายประจุ) ของแบตเตอรี่ และราคาต้นทุนของแบตเตอรี่	พบว่า ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นมีต้นทุนอยู่ที่ 400 USD/kWh และ 200 USD/kWh ซึ่งสอดคล้องกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดและสังกะสีโบรมีนที่มีอยู่ในปัจจุบัน
Mauricio B.C.Salles, Jumping Huang, Michael J.Aziz and William W.Hogan (2017)	ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาว่าเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจในการกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อกักเก็บไว้ใช้ในช่วงที่มีราคาแพงกว่า	ทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่ เริ่มต้นที่ 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มครั้งละ 1 ชั่วโมง จนถึง 14 ชั่วโมง และทำการเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลการอัดประจุและคายประจุ เพื่อให้มีกำไรสูงสุดจากการใช้แบตเตอรี่มาเก็งกำไรจากค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา	ลักษณะสำคัญของจุดที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นคือ การมีราคาไฟฟ้าเฉลี่ยที่สูง ราคาที่มีความผันผวนสูง เป็นต้น และการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการคายประจุจากแบตเตอรี่จะเป็นสิ่งที่ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้น และราคาของระบบกักเก็บพลังงาน ยังต่ำไม่พอที่จะทำให้ไม่สามารทำกำไรได้ในบางพื้นที่ ที่ระดับค่าไฟฟ้าไม่ผันผวน

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย

## 2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากประเทศไทย

### 2.3.2.1 ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ธีระภัทร์ แมนมิตร และ ปานจิตร ดำรงกุลกำจร (2558) ทำการวิจัยเพื่อการพัฒนาโปรแกรมสำหรับออกแบบขนาดระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยสมมติฐานคือ ให้ผู้ใช้ไฟมีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่สม่ำเสมอตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยมีเป้าหมายลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยการ อดประจุแบตเตอรี่ในช่วงที่มีความต้องการพลังงานต่ำ และ คายประจุในช่วงเวลาความต้องการสูง เพื่อการบริหารจัดการพลังงานที่เหมาะสมจากการศึกษาพบว่า เมื่อผู้ใช้ไฟที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีการนำแบตเตอรี่เข้ามาบริหารจัดการพลังงานเพื่อควบคุมปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงระบบกักเก็บพลังงานจะพยายามควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่ให้เกินค่าเป้าหมายการใช้ กำลังไฟฟ้าสูงสุด ของแต่ละเดือน และช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำระบบกักเก็บพลังงานจะอดประจุพลังงานเพื่อเก็บไว้สำหรับการใช้งานในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงรอบถัดไปผู้ใช้ไฟจะได้รับผลตอบแทนทางการเงินที่มากขึ้น จากค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือนเมื่อเทียบกับกรณีติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ในการพิจารณาผลตอบแทนทางการเงินเป็นหลัก ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องสามารถครอบคลุมการชดเชยพลังงานที่เกินจากค่าเป้าหมายการใช้งานไฟฟ้าสูงสุดให้ได้ทุกกรณี เนื่องจากการเพิ่มขนาดระบบกักเก็บพลังงานให้ครอบคลุมการใช้งานทุกกรณีจะมีสัดส่วนของค่าติดตั้งที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการลดลงของค่าไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2558) ทำการศึกษาหาแนวทางการนำเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานในการผสมผสานพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนสูงและวิเคราะห์รูปแบบการส่งเสริมเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานเพื่อสนับสนุนนโยบายพลังงานหมุนเวียนของไทยและความต้องการระบบกักเก็บพลังงานต่อระบบไฟฟ้าที่ทำให้ระบบไฟฟ้าภายใต้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนสัดส่วนสูงยังคงมีเสถียรภาพ

จากการศึกษาพบว่า ระบบกักเก็บพลังงานนั้นมีประโยชน์อยู่หลายด้าน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานจะช่วยกักเก็บพลังงาน ในช่วงที่ระบบไฟฟ้ามีปริมาณการผลิตไฟฟ้ามากเกินไป ความต้องการของระบบ และเมื่อระบบไฟฟ้ามีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้ามากกว่าการผลิตไฟฟ้า ระบบกักเก็บพลังงานก็จะช่วยจ่ายไฟฟ้าชดเชยปริมาณไฟฟ้าดังกล่าว โดยระบบกักเก็บพลังงานจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับชุดหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อทำหน้าที่แปลงแรงดันให้เหมาะสมต่อไป สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ควรจะใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ที่ตอบสนองได้อย่างรวดเร็วและสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูง คือ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจึงมีต้นทุนการผลิตที่ลดลงจากอดีตมามาก และเริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม ส่วนประเภทของระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมแก่การทำเป็นระบบไฟฟ้าสำรอง คือ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน แบตเตอรี่ที่มีการไหลของส่วนเก็บพลังงาน (Flow battery) และระบบกักเก็บพลังงานชนิดพลังน้ำสูบล้าง

ในส่วนของแนวคิดนโยบายการส่งเสริมการติดตั้งเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานได้แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ สำหรับระบบที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานวงเวียนและสำหรับระบบส่งไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าหรือสถานีไฟฟ้าย่อย โดยทั้งหมดที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานวงเวียนนั้นเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับนโยบายการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในปัจจุบัน คือ โครงการราคารับซื้อไฟฟ้าแบบพิเศษ (FIT Premium) เพื่อช่วยลดภาระการลงทุนของผู้พัฒนาโครงการ และทำให้เกิดแรงจูงใจในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานอีกด้วย ส่วนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น แต่เดิมรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริม โดยมีโครงสร้างอัตราค่าไฟแบ่งเป็นสองส่วนคือ ค่าความพร้อมจ่ายและค่าพลังงานไฟฟ้า

จากผลการวิจัยจะพบว่า เมื่อมีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานจะทำให้ระบบผลิตไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานจะปลดปล่อยพลังงานมาชดเชยในช่วงที่พลังงานทดแทนไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ เช่น ในช่วงที่เมฆบังพระอาทิตย์สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ หรือ ช่วงที่ไม่มีลมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลม



ตารางที่ 2.3 บทสรุปประเด็นสำคัญจากงานศึกษาในอดีตของไทยที่เกี่ยวข้อง

ผู้ศึกษา	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา
ธีระภัทร์ แมนมิตร และ ปานจิตร ดำรงกุลกำจร (2558)	เพื่อการพัฒนาโปรแกรมสำหรับออกแบบขนาดระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	ให้ผู้ผู้ใช้ไฟมีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่สม่ำเสมอตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา โดยมีเป้าหมายลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยการ อดประจุแบตเตอรี่ในช่วงที่มีความต้องการพลังงานต่ำ และ คายประจุในช่วงเวลาความต้องการสูง	พบว่า เมื่อผู้ใช้ไฟที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีการนำแบตเตอรี่ เข้ามาบริหารจัดการพลังงานเพื่อควบคุมปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมโดยในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงระบบกักเก็บพลังงานจะพยายามควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่ให้เกินค่าเป้าหมายการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ของแต่ละเดือน และช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำระบบกักเก็บพลังงานจะอัดประจุพลังงานเพื่อเก็บไว้สำหรับการใช้งานในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงรอบถัดไปผู้ใช้ไฟจะได้รับผลตอบแทนทางการเงินที่มากขึ้น จากค่าไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือนเมื่อเทียบกับกรณีที่ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (2558)	ศึกษาแนว ทาง ผสาน พลังงาน หมุนเวียน กับ ระบบ ไฟฟ้า และ พัฒนา โย บาย การ กัก เก็บ พลังงาน ไฟฟ้า ขนาด ใหญ่	ศึกษาจากงานวิจัยต่างประเทศและวิเคราะห์แนวทางการ ผสานระบบกักเก็บเข้ากับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในสัดส่วนสูง รวมไปถึง วิเคราะห์นโยบายสนับสนุนระบบ กักเก็บพลังงานในต่างประเทศ	แบตเตอรี่ประเภท Li-ion ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่มีความเหมาะสมในปัจจุบันมีการพัฒนา เทคโนโลยีการผลิตจึงมีต้นทุนการผลิตที่ลดลงจากอดีตมามาก และเริ่มมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรม ส่วนประเภทของระบบกักเก็บพลังงานที่มีความเหมาะสมแก่การเป็นระบบไฟฟ้าสำรอง (backup system) คือ แบตเตอรี่ตะกั่วกรด แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน แบตเตอรี่ที่มีการไหลของส่วนเก็บพลังงาน (Flow battery) ระบบกักเก็บพลังงานชนิดพลังน้ำสูบล้าง ในส่วนของนโยบาย เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับนโยบายการ ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในปัจจุบัน คือ โครงการราคารับซื้อไฟฟ้าแบบ พิเศษ (FIT Premium)

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย

### 2.3.3 การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

กฤษฎี พิชิตถกล (2557) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยี gasification ขนาดไม่เกิน 1 MW ในธุรกิจโรงสีข้าว เพื่อหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และความคุ้มค่าทางการเงิน รวมไปถึงหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อการลงทุน จากการศึกษาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับทางด้านการเงินโดยใช้การจัดทำประมาณการทางกระแสเงินสดสุทธิ (cash flow projection) เป็นแบบจำลองพบว่า มีความคุ้มค่าทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และทางด้านการเงิน แต่ในการศึกษานี้ยังไม่รวมต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน ในกรณีที่เป็นโครงการขนาดใหญ่รวมถึงปัจจัยอื่นเช่น ปัญหาจากมลพิษที่อาจเกิดการต่อต้าน ความเสี่ยงจากการขาดแคลนเชื้อเพลิงที่อาจมีการแย่งชิงจากผู้ประกอบการรายใหญ่ รวมไปถึงแหล่งเงินทุนสนับสนุนที่อยู่นอกเหนือการควบคุมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการพิจารณาสินเชื่อ หากไม่สอดคล้องกับแผนการดำเนินงานโครงการก็อาจทำให้เสียโอกาสในการลงทุนได้

วสุพร ตีวงาม (2558) ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัยและศึกษาการประเมินมูลค่าความเต็มใจจ่ายเพื่อช่วยลดภาวะโลกร้อนและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่ายเพื่อช่วยลดภาวะโลกร้อน

โดยการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นจะอาศัยข้อมูลจากความเต็มใจจ่ายและข้อมูลจากแบบสอบถามพบว่า โครงการดังกล่าวไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน สำหรับผลการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการพบว่า ในกรณีที่ต้นทุนค่าติดตั้งลดลงจะทำให้ต้นทุนลดลง โครงการจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน และหากปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นและอัตราค่าไฟเพิ่มขึ้นก็จะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

นฤนาท พลัประสิทธิ์ (2558) ทำการศึกษาต้นทุนวงจรอายุและผลประโยชน์รวมทั้ง ประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนสร้างดาต้าเซ็นเตอร์ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ได้แก่ การลงทุนสร้างดาต้าเซ็นเตอร์แบบสร้างใช้เองของธนาคารพาณิชย์ บริษัทค้าหลักทรัพย์ และบริษัทประกันภัยในอุตสาหกรรมการเงิน และการลงทุนสร้างดาต้าเซ็นเตอร์แบบสร้างให้เช่า จากการศึกษาพบว่า ต้นทุนในการลงทุนดาต้าเซ็นเตอร์ประกอบด้วยต้นทุนในการลงทุน เริ่มต้นและต้นทุนด้านการดำเนินการตลอดวงจรชีวิตโดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 และ ร้อยละ 80 ของต้นทุนวงจรชีวิตของดาต้าเซ็นเตอร์ ในเรื่องของผลประโยชน์ที่จะได้รับของการสร้างดาต้า เซ็นเตอร์ใช้จะอยู่ในรูปแบบของต้นทุนค่าเสียโอกาส

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผ่านดัชนีชีวิตทั้ง 4 ค่าได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด พบว่า การลงทุนในโครงการดาต้าเซ็นเตอร์นั้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน แต่เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแล้วนั้นพบว่า ทุกโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ยกเว้นโครงการของบริษัทค้าหลักทรัพย์เท่านั้น โดยมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์คือ ความผันผวนด้านอัตราการเจริญเติบโตของธุรกิจและต้นทุนการดำเนินงานที่สูงขึ้น

ตารางที่ 2.4 สรุปประเด็นสำคัญจากงานศึกษาไทยในอดีต

ผู้ศึกษา	วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา
กฤษฎี พิษิตถกุล (2557)	ศึกษาคู่มือค่าทางเศรษฐศาสตร์อันเนื่องมาจากการใช้ของเหลือในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแกลบขนาดไม่เกิน 1 MW ในธุรกิจโรงสีข้าว	การศึกษาคู่มือค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับทางด้านการเงินโดยใช้การจัดทำประมาณการทางกระแสเงินสดสุทธิ	เป็นแบบจำลองพบว่า มีความคุ้มค่าทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และทางการเงิน แต่ในการศึกษานี้ยังไม่รวมต้นทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะได้รับผลกระทบอย่างชัดเจนในกรณีที่เป็โครงการขนาดใหญ่รวมไปถึงปัจจัยอื่น
วสุพร ตีวงาม (2558)	ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรีสำหรับบ้านที่อยู่อาศัย	วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจศาสตร์นั้นจะอาศัยข้อมูลจากความเต็มใจจ่ายและข้อมูลจากแบบสอบถาม	ไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน สำหรับผลการศึกษาความอ่อนไหวของโครงการพบว่า ในกรณีที่ต้นทุนค่าติดตั้งลดลงจะทำให้ต้นทุนลดลงโครงการจะมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน และหากปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าเพิ่มขึ้นและอัตราค่าไฟเพิ่มขึ้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน
นฤนาท พลัประสิทธิ์ (2558)	การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนดาต้าเซ็นเตอร์	วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ผ่านดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ค่าได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด	พบว่า การลงทุนในโครงการดาต้าเซ็นเตอร์นั้นมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน แต่เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการแล้วนั้นพบว่า ทุกโครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ยกเว้นโครงการของบริษัทค้าหลักทรัพย์เท่านั้น โดยมีปัจจัยที่ก่อให้เกิดความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์คือ ความผันผวนด้านอัตราดอกเบี้ยของธุรกิจและต้นทุนการดำเนินงานที่สูงขึ้น

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย



จากการศึกษางานวิจัยในอดีตด้านระบบกักเก็บพลังงาน พบว่า เป็นการนำระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ไปใช้งานในระบบจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพิ่มเสถียรภาพการจ่ายไฟของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนที่มีการผลิตไม่คงที่ ผันผวนตามสภาพแสงแดด สำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ผันผวนตามความเร็วลมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานลม ส่วนด้านความคุ้มค่าทางการเงินและเศรษฐศาสตร์พบว่า มีการเลือกใช้แบตเตอรี่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไป แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน และการพัฒนาเทคโนโลยีในขณะนั้น รวมไปถึงระดับของราคาด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่า แนวโน้มราคาของระบบกักเก็บพลังงานประเภทแบตเตอรี่นั้นมีแนวโน้มลดลงในทุกๆ ปี และยังมีการพัฒนาประสิทธิภาพดีขึ้น สิ่งที่แตกต่างกันเหล่านี้จะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อยอดเพื่อหาข้อสรุปที่น่าสนใจของการเลือกใช้ระบบที่แตกต่างกัน แต่สำหรับแบตเตอรี่บางประเภทยังไม่มีความคุ้มค่าทางการเงินในการลงทุน หากราคาแบตเตอรี่ลดลงมากกว่านี้และหากมีมาตรการสนับสนุนจากภาครัฐด้วย ก็จะทำให้ความคุ้มค่าเพิ่มสูงขึ้น และมีความน่าสนใจในการลงทุนมากขึ้นไปตามลำดับ

## 2.4 ความแตกต่างของการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาในอดีต

ในการศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาสถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ของต่างประเทศทั้งในด้านของนโยบายที่ภาครัฐสนับสนุนต่างๆ และด้านเทคโนโลยีที่ใช้งานอยู่จริง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างมากแก่ประเทศไทย ที่ทางผู้วิจัยจะนำมาต่อยอดเป็นแนวทางแนะนำในการวางแผนเชิงนโยบายเพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ รวมไปถึงมีการจำลองระบบการทำงานจริง ของระบบกักเก็บพลังงานด้วยโปรแกรม HOMER PRO ที่สามารถคำนวณ ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่เข้าออกแบตเตอรี่ได้อย่างแม่นยำ และได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้ากิจการโรงพยาบาลจากการไฟฟ้านครหลวง นอกจากนี้จะนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ในสถานการณ์ต่างๆ เช่น หากมีการลดลงของราคาแบตเตอรี่ หากประสิทธิภาพการอัดประจุของระบบกักเก็บพลังงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และหากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า Time of Use (TOU) ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม ตลอดจนมีการคำนึงถึงปัจจัยจากภาครัฐ คือ มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) สำหรับผู้ที่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานภายในกิจการว่าจะมีผลกระทบต่อต้นทุนรวมของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ไปในทิศทางใด เพื่อเป็นการทำให้ต้นทุนโครงการมีความคุ้มค่า จนสามารถจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสนใจติดตั้งระบบดังกล่าว

### บทที่ 3

## ภาพรวมของระบบกักเก็บพลังงาน

อาจกล่าวได้ว่า เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานเป็นเรื่องที่ต้องส่งเสริมผู้บริโภครให้บริหารจัดการความต้องการการใช้ไฟฟ้าเพราะเป็นเรื่องที่ส่งผลดีในภาพรวมต่อระบบไฟฟ้าของประเทศ เนื่องจากถ้าส่งเสริมให้ผู้ใช้ไฟซื้อพลังงานไฟฟ้าในช่วงกลางคืนเก็บสะสมไว้ในปริมาณที่มากพอ แล้วนำมาใช้ในช่วงกลางวันแทนการซื้อไฟ จะส่งผลให้ความต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางคืนเพิ่มขึ้นและในช่วงกลางวันลดลงมาอยู่ที่ระดับใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน ซึ่งในทางเทคนิคเรียกว่า “ทำให้อัตราส่วนระหว่างค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบดีขึ้น” คือ จากที่เป็นอยู่ประมาณ 0.7 สูงขึ้นเป็น 0.9 หรือเข้าใกล้ 1 นั่นเอง

เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานนั้น นับเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญในธุรกิจผลิตไฟฟ้าที่มีการพูดถึงมาอย่างยาวนาน แต่ยังไม่ค่อยมีการใช้อย่างแพร่หลายด้วยข้อจำกัดหลายๆ ด้าน อาทิ ราคาที่ยังสูงอยู่ อายุการใช้งานที่สั้น รวมถึงต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานที่เป็นที่คุ้นเคยคือ แบตเตอรี่

อย่างไรก็ตาม การเติบโตของตลาดระบบกักเก็บพลังงาน ได้ปรับตัวดีขึ้นมากและเป็นแนวโน้มที่น่าจับตามอง โดยปัจจัยที่จะขับเคลื่อนการเติบโตมีอยู่ 3 ประการหลักได้แก่

- 1) นโยบายภาครัฐ
- 2) การปรับปรุงข้อจำกัดของเทคโนโลยี โดยเฉพาะในด้านการทำราคาให้ต่ำลง
- 3) แนวโน้มการขยายตัวของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ที่มีการลงทุนในเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานควบคู่เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

### 3.1 ประเภทของระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ มีที่ทั้งพัฒนาสำเร็จแล้ว และที่ยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา โดยแต่ละรูปแบบจะใช้เทคโนโลยีสำหรับการกักเก็บพลังงานแตกต่างกัน นอกจากนี้แต่ละเทคโนโลยียังมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกันด้วย เช่น ระบบกักเก็บพลังงานศักย์ของน้ำด้วยการปั๊มขึ้นที่สูง เป็นระบบกักเก็บพลังงานที่มีเสถียรภาพสูงและใช้เงินลงทุนต่ำแต่มีข้อจำกัดในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากต้องการพื้นที่จำนวนมากในการกักเก็บน้ำ เป็นต้น ดังนั้นการเลือกระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการกักเก็บพลังงาน ปริมาณและระยะเวลาที่ต้องการจัดเก็บสามารถจำแนกตามรูปแบบการกักเก็บพลังงาน ได้แก่ พลังงานกล (พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์) พลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าเคมี อุณหภูมิเคมี สารเคมี และความชื้น

### ตารางที่ 3.1 รูปแบบการจัดเก็บพลังงานตามเทคโนโลยี

รูปแบบการจัดเก็บพลังงาน	เทคโนโลยีที่ใช้ในการกักเก็บพลังงาน
พลังงานกล (Mechanical)	- ล้อตุ้มกำลัง (Flywheels) - การกักเก็บพลังงานโดยการปั้มน้ำเก็บไว้ (Pumped Hydroelectric Storage: PHS) - การกักเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศเก็บไว้ (Compressed Air Energy Storage: CAES)
ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical)	- แบตเตอรี่ (Batteries) - แบตเตอรี่ที่มีส่วนการไหลของส่วนเก็บพลังงาน (Flow Batteries)
ไฟฟ้า (Electrical)	- ตัวเก็บประจุ (Capacitor) - ตัวเก็บประจุแบบพิเศษ (Super-capacitor) - การกักเก็บพลังงานโดยใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวด (Superconductor magnetic energy)
อุณหภูมิกเคมี (Thermochemical)	- เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar hydrogen)
สารเคมี (Chemical)	- ไฮโดรเจน (Hydrogen) ซึ่งเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอิเล็กโทรไลเซอร์ (Electrolyser) และเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) - แก๊สชีวภาพ (Bio gas)
ความร้อน (Thermal)	- การเก็บความร้อนสัมผัส (Sensible heat) - การเก็บความร้อนแฝง (Latent heat) - การสะสมพลังงานความร้อน (Heat storage)

หมายเหตุ. จาก โครงการศึกษาแนวทางการผลิตพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนา  
นโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่, โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2558. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน.

### 3.2 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในระบบโครงข่ายไฟฟ้า เพื่อช่วยลด  
ปัญหาต่างๆ เช่น ความแออัดของสายส่ง ความผันแปรของไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน  
เป็นต้น โดยบทบาทของระบบกักเก็บพลังงานในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานฟอสซิล ผู้ใช้ไฟฟ้า  
และผู้ผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน สามารถสรุปได้ดังนี้

### 3.2.1 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน

#### ฟอสซิล

1. ความผันแปรของความต้องการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า (Time Shift) ในช่วงโหลดสูงสุด (Peak load) ผู้ผลิตไฟฟ้าจะต้องเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากช่วงโหลดพื้นฐาน (Base load) ซึ่งเป็นปริมาณ ความต้องการไฟฟ้าที่มีค่าคงที่ตลอดเวลา โดยโรงไฟฟ้าที่รองรับปริมาณไฟฟ้านี้ จะใช้เวลาในการเริ่มเดินเครื่องนาน มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ และมีความยืดหยุ่นสูง ดังนั้นเมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าลดลง โรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตสูง แต่มีระยะเวลาในการเริ่มเดินเครื่องเร็ว เช่น โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สที่ถูกเดินเครื่องขึ้นมาเพื่อรองรับปริมาณโหลดที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าโหลดพื้นฐาน จากเหตุผลข้างต้น ระบบเก็บสะสมพลังงานสามารถเข้ามามีบทบาทเพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยรวมได้ โดยในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off peak) โดยเฉพาะช่วงเวลากลางคืนระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่เก็บสะสมไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ และจะจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่งเมื่อความต้องการไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นแทนการเริ่มเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตสูง ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตไฟฟ้าหลายราย จึงมีการลงทุนเพื่อติดตั้งระบบสะสมพลังงานน้ำแบบสูบกลับ และเริ่มมีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานที่เป็นแบตเตอรี่ขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น

2. คุณภาพของกำลังไฟฟ้า (Power Quality) การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่งจำเป็นต้องปรับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับระบบสายส่งไฟฟ้า การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานจะช่วยทำให้การส่งจ่ายไฟฟ้าเป็นไปด้วยความราบเรียบ โดยจะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ระบบกักเก็บพลังงานจะถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนปลายของสายส่งไฟฟ้าแรงสูง และทำหน้าที่จ่ายไฟออกมาเมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลงและจะถูกใช้เป็นตัวกักเก็บพลังงานเมื่อแรงดันไฟฟ้าในสายส่งเพิ่มสูงขึ้น

3. เพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายไฟฟ้า (Making More Efficient Use of The Network) ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าอาจเกิดความแออัดขึ้นในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น กรณีนี้ระบบกักเก็บพลังงานชนิดแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่ถูกติดตั้งไว้ตามสถานีย่อยต่างๆ จะช่วยลดปัญหาการแออัดของสายส่งได้ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถยืดระยะเวลาการลงทุนกับระบบไฟฟ้าออกไป

4. ระบบไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล (Isolate Grid) ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล หรือในพื้นที่ที่ถูกแยกจากระบบไฟฟ้าหลักเช่น บริเวณเกาะต่างๆ ไฟฟ้าที่ผลิตและจ่ายออกจากหน่วยผลิตไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันดีเซล หรือพลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานจะต้องมีปริมาณสอดคล้องกับปริมาณความต้องการไฟฟ้า ดังนั้นการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานจะช่วยให้มีการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ

5. เหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นกับระบบส่งจ่ายไฟฟ้า (Emergency Power Supply for Protection and Control Equipment) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้งานเป็นเรื่องสำคัญสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าระบบกักเก็บพลังงานชนิดแบตเตอรี่มักถูกนำมาติดตั้งสำหรับแก้ปัญหาขึ้นโดยจะทำหน้าที่จ่ายไฟกรณีจากระบบไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายไฟได้

### 3.2.2 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าในมุมมองของผู้ใช้ไฟฟ้า

1. ความผันแปรของความต้องการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า/การประหยัดต้นทุน (Time Shifting / Cost Saving) โดยทั่วไปผู้ผลิตไฟฟ้าจะกำหนดค่าไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

โดยจะมีราคาถูกในช่วงกลางคืนและจะสูงขึ้นในช่วงเวลากลางวัน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้งานอย่างคงที่สม่ำเสมอ ดังนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถลดค่าไฟฟ้าโดยการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานไว้สำหรับเก็บไฟฟ้าในช่วงที่มีราคาถูกไว้ใช้แทนการซื้อไฟฟ้าในช่วงที่มีราคาแพง นอกจากนี้ยังสามารถสร้างรายได้จากการขายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงได้อีกด้วย

2. เหตุขัดข้องที่เกิดจากระบบส่งจ่ายไฟฟ้า (Emergency Power Supply) ระบบกักเก็บพลังงานอาจติดตั้งไว้เพื่อทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ต้องการไฟฟ้าสม่ำเสมอโดยเฉพาะ เช่น อุปกรณ์ดับเพลิงต่างๆ ที่ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าในกรณีที่ไฟฟ้ามดับไปชั่วขณะเพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และเพื่อควบคุมคุณภาพของสินค้าที่ผลิต เช่น การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ หรือจอแอลซีดี จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอในกรณีนี้ระบบกักเก็บพลังงานประเภทแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ ตัวเก็บประจุแบบพิเศษชนิดอีดีแอลซี และระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวดสามารถติดตั้งเพื่อจ่ายไฟฟ้าในกรณีที่ไฟฟ้ามดับเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดได้

3. รถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์สื่อสาร (Electric Vehicles and Mobile Appliances) ปัจจุบันได้มีการสนับสนุนให้ใช้งานรถไฟฟ้าเพื่อลดปัญหาเรื่องการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และโดยจะใช้แบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงเช่น นิกเกิล-แคดเมียม และลิเทียมไอออน เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน นอกจากนี้แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ก็ถูกคาดหวังให้สามารถให้พลังงานแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์เชื้อเพลิงด้วย แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้ยังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัย ขณะเดียวกันยังมีแนวคิดที่จะเชื่อมโยงรถยนต์ไฟฟ้าเข้าระบบโครงข่ายไฟฟ้าหลักด้วย

### 3.2.3 บทบาทของระบบกักเก็บพลังงานในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน

1. ความผันแปรของความต้องการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า (Time Shifting) ระบบกักเก็บพลังงานจะถูกใช้จัดการกับความไม่แน่นอนของปริมาณ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น ระบบกักเก็บพลังงานจะเก็บสะสมพลังงานที่ได้จากลมไว้ในเวลาที่ลมสงบซึ่งไม่สามารถผลิตพลังงานได้ หรือเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ไว้ในช่วงเวลากลางคืนเป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถขายไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการใช้งานให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นในช่วงที่ค่าไฟฟ้าสูงได้อีกด้วย

2. การผสานแหล่งพลังงานหมุนเวียนเข้ากับระบบไฟฟ้าหลัก (Effective Connection to Grid) ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเช่น พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและความเร็วลม ซึ่งมีความไม่แน่นอนสูงทำให้การผสาน พลังงานที่ผลิตได้เข้ากับระบบไฟฟ้าหลักจะทำได้ยากเนื่องจากจะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าในระบบเกิดการกระเพื่อม และจ่ายไฟฟ้าได้ไม่สม่ำเสมอ การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาดังกล่าวและช่วยสร้างเสถียรภาพให้กับระบบรวมได้ดีเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น

## 3.3 สถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานในต่างประเทศ

จากการศึกษาข้อมูลของรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาการผสานพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนานโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย หลายๆ ประเทศมีการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากพลังงานทดแทน รวมไปถึงการส่งเสริมการใช้ระบบกักเก็บพลังงาน ประเทศต่างๆ จึงมีการกำหนดและวางแผนนโยบายและแนวทางการพัฒนาระบบกักเก็บพลังงานของประเทศตัวเอง ประเทศที่จะนำมาศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เลือกมาจากกำลังการผลิตติดตั้งสูงสุด 4 อันดับของโลก จากข้อมูลของรายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาการผสมผสานพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนานโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดอันดับการผลิตติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานของโลกสามารถเรียงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

- (1) ประเทศจีน 96 โครงการ กำลังการผลิตติดตั้ง 33.30 MW
- (2) ประเทศญี่ปุ่น 78 โครงการ กำลังการผลิตติดตั้ง 28.79 MW
- (3) ประเทศสหรัฐอเมริกา 391 โครงการ กำลังการผลิตติดตั้ง 21.65 MW
- (4) ประเทศเยอรมัน 58 โครงการ กำลังการผลิตติดตั้ง 7.16 MW

### 3.3.1 ประเทศจีน

ประเทศจีนได้จัดทำแผนการพัฒนาและการใช้พลังงานขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการคือ การพัฒนาระบบโครงข่ายอัจฉริยะเพื่อทำงานร่วมกับระบบการกักเก็บพลังงานภายในเชิงไฮ้ กิจกรรมของการวิจัยและพัฒนาภายในโครงการนี้มุ่งเน้นไปที่การใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่ โดยพบว่า มีการใช้แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) มากที่สุด รองลงมาคือ แบตเตอรี่ที่มีการไหล (Flow Battery) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Pb Acid) การใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวด (SMES) และแบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์ (NaS)

ทั้งนี้ขนาดและอัตราการพัฒนาของตลาดภายในประเทศของจีนสำหรับการกักเก็บพลังงานจะขึ้นอยู่กับพลังงานลมที่มีอยู่จำนวนมากเป็นสำคัญ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างทำให้มีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมและความต้องการใช้พลังงานไม่สอดคล้องกัน จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานหรือเทคโนโลยีอื่นๆ เพื่อให้สามารถรวมเอากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งพลังงานลมเข้ากับโครงข่าย

รายละเอียดของแผนพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานแห่งชาติของจีนนั้นภายในปี ค.ศ. 2021 ประกอบด้วยแผนการดำเนินการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานเป็นหลัก ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาในแผนพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานแห่งชาติมีดังนี้

- (1) โครงการจัดแสดงระบบกักเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศเก็บแบบ Supercritical ขนาดใหญ่ 10MW
- (2) โครงการจัดแสดงระบบกักเก็บพลังงานโดยล้อตุ่นกำลังในระดับเมกะวัตต์
- (3) โครงการระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้สนามแม่เหล็กของตัวนำยิ่งยวดในระดับเมกะวัตต์
- (4) โครงการจัดแสดงระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์ในระดับเมกะวัตต์
- (5) โครงการจัดแสดงระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่มีการไหล (Flow Battery) ในระดับเมกะวัตต์
- (6) พัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่โลหะอากาศและแบตเตอรี่รูปแบบใหม่ชนิดพิเศษ

- (7) พัฒนาการใช้งานเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศเก็บแบบ Supercritical ขนาดใหญ่
- (8) พัฒนาเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนสำหรับใช้ในแบตเตอรี่ที่มีการไหลของส่วนเก็บพลังงาน
- (9) สร้างมาตรฐานสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีและมาตรฐานด้านวิศวกรรม
- (10) สร้างระบบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับการป้องกันคุณสมบัติของระบบกักเก็บพลังงานอย่างเข้าใจ
- (11) สร้างความสัมพันธ์กับนานาชาติและความร่วมมือสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีให้ดีขึ้น

จากนโยบายต่างๆ ส่งผลให้ ประเทศจีนมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่สามารถผลิตไฟได้อย่างสม่ำเสมอมากขึ้นแม้ลมจะผันผวนก็ตาม ซึ่งเป็นผลดีจากนโยบายการสนับสนุนให้ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน และจากนโยบายที่สนับสนุนการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานนั้นทำให้ประเทศจีนสามารถผลิตแบตเตอรี่เข้าสู่ตลาดได้ และสามารถก้าวขึ้นมาแข่งขันกับประเทศญี่ปุ่นที่ครองตลาดส่วนใหญ่ได้ในอนาคต

### 3.3.2 ประเทศญี่ปุ่น

กระทรวงเศรษฐกิจการค้าและอุตสาหกรรม (METI) ของประเทศญี่ปุ่นได้จัดตั้งคณะทำงานเพื่อวางแผนยุทธศาสตร์ทางด้านระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ได้ประกาศยุทธศาสตร์เกี่ยวกับแบตเตอรี่ในปี ค.ศ. 2012 และวางเป้าหมายให้ประเทศญี่ปุ่นครองตลาดแบตเตอรี่ประมาณ ร้อยละ 50 ในปี ค.ศ. 2020 โดยจะเป็นระบบแบตเตอรี่ขนาดใหญ่มากกว่าร้อยละ 30 ประเทศญี่ปุ่นได้ตั้งเป้าให้ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับราคาของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับในปี ค.ศ. 2020 (23,000 YEN/kWh) เพื่อให้สามารถใช้ทดแทนกันได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ในด้านอายุการใช้งานได้ตั้งเป้าไว้ที่ 20 ปี สำหรับการใช้งานในระบบโครงข่ายไฟฟ้ากำลัง และ 15 ปีสำหรับการติดตั้งที่ผู้ใช้ไฟ

จากนโยบายต่างๆ ส่งผลให้ ญี่ปุ่นมีส่วนแบ่งการตลาดสูงสำหรับการจำหน่ายแบตเตอรี่สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน ประเทศญี่ปุ่นจึงเป็นประเทศที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ที่สูงเป็นอันดับสองของโลก ทำให้ระบบไฟฟ้าของเกาะต่างๆ มีความมั่นคงมากขึ้น

#### ตัวอย่างโครงการที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

(1) โครงการ Wakanai Mega Solar Project เป็นโครงการสาธิตเทคนิคการรักษาสถียรภาพของระบบโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ด้วยระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ระยะเวลาดำเนินการระหว่างปี ค.ศ. 2006-2010 โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 5 MW ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ NaS ขนาด 1.5 MW 7 ชั่วโมง สามารถลดการกระเพื่อมของกำลังการผลิตได้ถึงร้อยละ 80 ภายในระยะเวลา 30 นาที

(2) โครงการ Nishisendai Substation BESS Project เป็นโครงการสาธิตการใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 20 MW 20 MWh ร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ในการควบคุมผลกระทบจากความผันผวนของกำลังไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของญี่ปุ่น

### 3.3.3 ประเทศสหรัฐอเมริกา

หน่วยงานด้านพลังงานของประเทศสหรัฐอเมริกา (The US Department of Energy; USDOE) ได้มีการจัดตั้งโครงการเทคโนโลยีการจับเก็บพลังงานด้วยวัสดุประสงค์หลัก 2 เรื่องคือ

(1) การปรับปรุงประสิทธิภาพความยืดหยุ่นทางเศรษฐศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ และความแข็งแกร่งของโครงข่ายกำลังของสหรัฐอเมริกา

(2) การสร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจผ่านการส่งผ่านเทคโนโลยีไปสู่ทางการค้า โดยโครงการนี้มีผู้นำคือ ห้องปฏิบัติการแห่งชาติ ร่วมกับมหาวิทยาลัยและหน่วยงานทางด้านอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์โครงการของ DOE คือ เพื่อลดค่าใช้จ่ายสำหรับการกักเก็บพลังงานลงร้อยละ 30 และเพื่อให้มีราคาที่สามารถแข่งขันได้ ความน่าเชื่อถือได้และความปลอดภัย กฎเกณฑ์ที่เป็นธรรม การยอมรับจากภาคอุตสาหกรรม ภายในค.ศ. 2020 ดังนี้

(1) การวิจัยมุ่งเน้นไปที่การจับเก็บพลังงานทางเคมีและแบตเตอรี่และการลงทุนในพื้นที่อื่นๆ

(2) การจัดแสดงและการใช้งานในระดับอุตสาหกรรมมุ่งเน้นไปที่การผสมผสานเทคโนโลยีการจับเก็บพลังงาน (ประกอบไปด้วยแบตเตอรี่ ล้อตุ่นกำลัง CAES เป็นต้น)

(3) การวิเคราะห์ระบบ มุ่งเน้นไปที่การร่วมกันของเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพภายในโครงข่าย

กิจกรรมของรัฐบาลล้วนเป็นไปเพื่อให้มีความชัดเจนของบทบาทการส่งผ่านเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานไปสู่ตลาด ตัวอย่างเช่น หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านพลังงานในแคลิฟอร์เนีย ที่กำลังทำอยู่คือ การวิเคราะห์ห้กลวิธีของเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน ที่สามารถเป็นไปได้สำหรับการใช้งานในปีค.ศ. 2020 ดังนี้

(1) การระบุเป้าหมายของรัฐแคลิฟอร์เนียในการใช้งานไฟฟ้าร้อยละ 33 ที่ได้จากพลังงานหมุนเวียนในปีค.ศ. 2020 ซึ่งทำให้มีความต้องการความสามารถของการกักเก็บพลังงานมากขึ้นภายในโครงข่าย เพื่อให้สามารถใช้งานพลังงานหมุนเวียนร่วมกันได้

(2) การจัดหาข้อสรุปสำหรับช่วงของเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน (ประกอบด้วย CAES เทคโนโลยีแบตเตอรี่และไฮโดรเจน) ของเทคโนโลยีที่มีความพร้อมอยู่ ณ ปัจจุบัน ข้อจำกัดและโอกาสของการพัฒนาต่อ

(3) การทำแผนเครื่องมือที่เป็นนโยบายซึ่งกระทบต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการจับเก็บพลังงานในรัฐแคลิฟอร์เนีย

(4) การบ่งชี้ช่องว่างของเทคโนโลยีการต้องการการวิจัยและการปฏิรูปนโยบาย เพื่อแก้ปัญหาภายใต้การควบคุมขององค์กรในการสนับสนุนการส่งผ่าน เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานออกสู่ตลาด

จากนโยบายต่างๆ ส่งผลให้ระบบกักเก็บพลังงานภายในสหรัฐอเมริกามีความน่าเชื่อถือ ส่งเสริมให้ผู้ซื้อไฟฟ้าหันมาสนใจมากขึ้น รวมไปถึงยังสร้างความมั่นคงให้กับระบบโครงข่ายในด้านของเทคโนโลยี นโยบายต่างๆ ช่วยส่งเสริมให้มีการพัฒนาจนสามารถทำให้มีราคาที่ต่ำลงจนสามารถแข่งขันกันได้



### ตัวอย่างโครงการที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

(1) เมือง Modesto มลรัฐแคลิฟอร์เนีย (Zinc Flow Battery 25 MW/75 MWh) ในมลรัฐแคลิฟอร์เนียมีแผนติดตั้งแบตเตอรี่ขนาด 25 MW/75MWh ที่เมือง Modesto ซึ่งใช้เทคโนโลยี Zinc-Flow Battery โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการช่วยทำให้เกิดความราบเรียบของการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ และยังสามารถใช้ลดปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดระหว่างวัน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่แทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดก๊าซธรรมชาติซึ่งสามารถลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้อีกด้วย

(2) มลรัฐแคลิฟอร์เนีย Tehachapi Wind Energy Storage Project (Lithium-ion Battery 8MW/32MWh) โครงการดังกล่าวจะติดตั้งระบบแบตเตอรี่อยู่ในบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานลมสูง ซึ่งเป็นที่คาดการณ์ว่าจะมีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมสูงถึง 4,500 MW ภายในปี ค.ศ. 2015 แบตเตอรี่จึงมีหน้าที่หลักในการช่วยปรับปรุงสมรรถนะของระบบส่งเพื่อรองรับพลังงานหมุนเวียนในปริมาณสูงและยังมีประโยชน์ต่อระบบส่งเช่น การช่วยรักษาเสถียรภาพของแรงดัน การลดกำลังสูญเสียในสายส่ง และการชะลอการลงทุนระบบส่ง รวมถึงประโยชน์ต่อโครงข่ายไฟฟ้าเช่น การควบคุมความถี่ การจัดการอัตราแรมป์ ในการสำรองกำลังไฟฟ้า

#### 3.3.4 ประเทศเยอรมัน

การกักเก็บพลังงานมีบทบาทสำคัญในประเทศเยอรมัน โดยมีโครงการสำหรับการส่งผ่านความน่าเชื่อถือการใช้งานได้ในทางเศรษฐศาสตร์และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้สำเร็จในปี ค.ศ. 2050 ความต้องการรวมเอาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเข้าไปในโครงข่ายของประเทศเยอรมันเพื่อขับเคลื่อนโครงสร้างพื้นฐานพลังงานให้ทันสมัยรวมถึงการขยายบทบาทของการกักเก็บพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความท้าทาย 2 ประเด็นสำหรับการกักเก็บพลังงานคือ

1. การพัฒนาและสนับสนุนการนำเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานมาใช้
2. การปรับขนาดของตลาด ในบริบทของการเพิ่มตลาดอิสระในการแข่งขัน เพื่อเปิดการรวมเทคโนโลยี การกักเก็บพลังงานภายในระบบโดยรัฐบาลประเทศเยอรมันได้กำหนดการดำเนินการเพื่อสนับสนุนการขยายความสามารถของการกักเก็บพลังงานภายในประเทศดังนี้

(1) การดำเนินการทันที: การออกกฎหมายให้ทันสมัย อนุมัติโครงการระบบกักเก็บพลังงานสำหรับการควบคุมตลาดและการขยายช่วงเวลาการยกเว้นภาษีสำหรับโครงการกักเก็บพลังงานใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกักเก็บพลังงานศักยภาพของน้ำด้วยการปั๊ม

(2) การดำเนินการระยะสั้น: การสำรวจสิ่งกระตุ้นอย่างเหมาะสมเพื่อสนับสนุนการใช้ชีวมวลเป็นหลักสำหรับการรวมพลังงานหมุนเวียนที่มีความผันผวน (ลมและแสงอาทิตย์) ในระหว่างการขยายความสามารถของการกักเก็บพลังงานในการดำเนินการระยะกลาง

(3) การดำเนินการระยะยาว: ร่วมมือกับประเทศนอร์เวย์เพื่อให้เข้าถึงความสามารถการกักเก็บพลังงานศักยภาพของน้ำด้วยการปั๊ม ภายนอกประเทศเยอรมัน

การใช้ระบบกักเก็บพลังงานในประเทศเยอรมัน ระบบกักเก็บพลังงานยังถูกจัดอยู่ในหมวดเดียวกับผู้ใช้ไฟฟ้า จึงต้องมีค่าใช้จ่ายบริการโครงข่าย ดังนั้นค่าใช้จ่ายโครงข่ายทำให้ระบบกักเก็บพลังงานจึงทำให้มีความเสียเปรียบและลดความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ลง การใช้แบตเตอรี่ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้น เมื่อปี ค.ศ. 2012 เยอรมันลดการสนับสนุนแบบ Feed-in Tariff (FIT)

กับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เหลือเพียง 13.5-19.5 Euroct/kWh จนมีราคาต่ำกว่าค่าไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้า (ซึ่งรวมค่าใช้โครงข่าย และอื่นๆ) ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหันไปใช้ไฟฟ้าที่ผลิตจากแสงอาทิตย์เองภายในบ้านแทน (Self-production) การติดตั้งแบตเตอรี่ร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยลดกำลังผลิตที่ป้อนคืนไปยังระบบในช่วงเวลากลางวันและช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาเย็นได้ ทำให้ระบบสามารถรองรับปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น โดยรัฐบาลเยอรมันได้ออกนโยบายให้เงินสนับสนุนไม่เกิน 600 EUR/kWp (ของแบตเตอรี่) แก่ผู้ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดไม่เกิน 30 kWp เพื่อผลักดันให้มีการติดตั้งแบตเตอรี่มากขึ้น นอกจากการติดตั้งแบตเตอรี่กับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่บ้านแล้ว เยอรมันมีการติดตั้งแบตเตอรี่ในระบบการไฟฟ้าหลายแห่งเพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบด้วยเช่นกัน

จากนโยบายต่างๆ ส่งผลให้ การปลดปล่อยสารพิษจากแบตเตอรี่สู่สิ่งแวดล้อมลดลง เนื่องจากการวิจัยแบตเตอรี่ที่ส่งเสริมให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในด้านของภาพรวมตลาด การส่งเสริมของภาครัฐช่วยกระตุ้นให้ตลาดมีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถเกิดการแข่งขันกันได้นำไปสู่การโน้มน้าวให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสนใจการติดตั้งระบบกักเก็บได้เพิ่มมากขึ้น ในภาพรวมของระบบส่งไฟฟ้านั้น ผลจากการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานตามนโยบายของภาครัฐนั้น ส่งผลให้ระบบมีความมั่นคงมากขึ้น และสามารถลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดบางช่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### ตัวอย่างโครงการที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

(1) โครงการ Regionale Regelkraftwerk Feldheim ในประเทศเยอรมันมีโครงการระบบกักเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาดใหญ่ที่สุดคือ 10 MW ติดตั้งที่ Feldheim, Brandenburg เพื่อใช้สำหรับทำหน้าที่ช่วยรักษา เสถียรภาพของความถี่ โดยจะเข้าร่วมในตลาด load-balancing power capacity และยังช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับหมู่บ้าน Feldheim ด้วย ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าของ Feldheim มาจากพลังงานหมุนเวียนร้อยละ 100

(2) โครงการ Bocsh Braderup ES Facility โครงการนี้ติดตั้งแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 2 MW ร่วมกับแบตเตอรี่ Vanadium redox flow ขนาด 1 MW เพื่อกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากทุ่งกังหันลมที่ Braderup ที่เหลือใช้แล้วขายคืนไปยังระบบของการไฟฟ้าในตลาด Frequency regulation ระบบนี้ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการไหลคืนเกินในระบบไฟฟ้าในช่วงลมแรงซึ่งนำไปสู่การหยุดการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนใช้รักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในระยะสั้น ส่วนแบตเตอรี่ Vanadium redox flow จะช่วยในระยะยาว

### 3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการของต่างประเทศ และประเทศไทย

เบื้องหลังแห่งความสำเร็จของโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในต่างประเทศนั้น มาจาก 3 ปัจจัยหลัก อันได้แก่ นโยบายส่งเสริมจากรัฐ การพัฒนาเทคโนโลยี และ แนวโน้มการขยายตัวของโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนจะเห็นได้ว่าแต่ละประเทศต่างมุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน โดยเฉพาะระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ มีการผลักดันให้ตลาดมีการยอมรับมากขึ้น จากการกำหนดเป้าหมายปริมาณการใช้งานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน

หมุนเวียน เพื่อลดความผันผวนของพลังงานทดแทนก่อนเข้าสู่ระบบสายส่ง สิ่งเหล่านี้จึงทำให้ระบบ กักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่มีการพัฒนา และเกิดการแข่งขันสูงขึ้น ส่วนใหญ่ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ งานนั้นจะเป็นระดับ Grid scale ที่ติดตั้งเพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบ เช่น การรักษาระดับความถี่ การลดความผันผวนในโรงไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานจากพลังงานทดแทน ประเภทลม หรือ พลังงาน แสงอาทิตย์ เป็นต้น ในส่วนของภาครัฐถือว่าเป็นภาคส่วนที่สำคัญ เนื่องจากสามารถออกนโยบายการ สนับสนุนให้ระบบกักเก็บพลังงาน ตั้งแต่การกำหนดแผนนโยบายพัฒนาพลังงาน ที่จะเป็นตัวกำหนด อนาคตระบบไฟฟ้าในอนาคต ของประเทศนั้นๆ โดยในประเทศ จีน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และ เยอรมัน ภาครัฐมีการออกนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนระบบกักเก็บพลังงาน รวมไปถึงภาคอุตสาหกรรม ในต่างประเทศ ที่สามารถผลิตแบตเตอรี่ได้เอง จึงทำให้มีต้นทุนราคาที่ถูกกว่า ประเทศที่ไม่สามารถ ผลิตเองได้

สำหรับประเทศไทยนั้น หากต้องการประสบความสำเร็จในการติดตั้งระบบกักเก็บ พลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า และลดปัญหาความแออัดในระบบสายส่งไฟฟ้า อย่างเช่นในต่างประเทศได้นั้น ภาครัฐควรสนับสนุนในทุกมิติ ทั้งด้านการวิจัย การผลิต และการ นำไปใช้งาน ซึ่งในอนาคตผู้วิจัยมองว่ามีโอกาสที่ประเทศไทยจะสามารถดำเนินการได้เช่นเดียวกับ ต่างประเทศ เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ทำการทดลองใช้ระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งติดตั้งในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อเพิ่มความ เสถียรให้กับระบบไฟฟ้า และในอนาคตจะมีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ที่จังหวัด ลพบุรี และ ชัยภูมิ เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีสัดส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนค่อนข้าง สูง รวมไปถึงการสนับสนุนการตั้งโรงงานผลิตแบตเตอรี่ใน โครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก หากประเทศไทยสามารถผลิตแบตเตอรี่ได้ ก็จะส่งผลให้ระดับราคาในตลาดสามารถลดลงได้ จะทำให้ โครงการนี้มีต้นทุนที่ถูกลงนำไปสู่ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.2 สรุปสถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในต่างประเทศ

ที่	ประเทศ	นโยบาย	โครงการอ้างอิงตัวอย่างและจุดประสงค์	เทคโนโลยี	กำลังการติดตั้ง
1	สหรัฐอเมริกา	(1) ปรับปรุงประสิทธิภาพความยืดหยุ่นทางเศรษฐกิจศาสตร์ความน่าเชื่อถือและความแข็งแกร่งของโครงข่ายกำลังของประเทศสหรัฐอเมริกา	มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ช่วยทำให้เกิดความราบเรียบของการผลิตไฟฟ้าของพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์	Zinc Flow Battery	25 MW
		(2) สร้างผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจผ่านการส่งผ่านเทคโนโลยีไปสู่ทางการค้าให้สำเร็จในปี ค.ศ. 2020	มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ช่วยปรับปรุงสมรรถนะของระบบเพื่อรองรับพลังงานหมุนเวียนในปริมาณสูง	Li-ion Battery	8 MW
2	เยอรมัน	มีโครงการสำหรับการส่งผ่านความน่าเชื่อถือการใช้งานได้ในทางเศรษฐกิจศาสตร์และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้สำเร็จในปีค.ศ. 2050 รวมเอาแหล่งพลังงานหมุนเวียนเข้าไปในโครงข่ายของประเทศเยอรมันเพื่อขับเคลื่อนโครงสร้างพื้นฐานพลังงานให้ทันสมัย	โครงการ Regionale Regelkraftwerk Feldheim ทำหน้าที่ Primary control ช่วยรักษา เสถียรภาพของความถี่ capacity และยังช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับหมู่บ้าน Feldheim ด้วย	Li-ion Battery	10 MW
			โครงการ Bocsh Braderup ES Facility เพื่อกักเก็บพลังงานไฟฟ้าจากทุ่งกังหันลมที่ Braderup ที่เหลือใช้แล้วขายคืนไปยังระบบของการไฟฟ้าในตลาด Frequency regulation	Li-ion Battery	2 MW
3	ญี่ปุ่น	วางเป้าหมายให้ประเทศญี่ปุ่นครองตลาดแบตเตอรี่ประมาณ ร้อยละ 50 ในปี ค.ศ. 2020 โดยจะเป็นระบบแบตเตอรี่ขนาดใหญ่มากกว่าร้อยละ 30 ประเทศญี่ปุ่นได้ตั้งเป้าให้ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดย	โครงการ Wakanai Mega Solar Project เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ด้วยระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่	NaS Battery	1.5 MW

ตารางที่ 3.2 สรุปสถานการณ์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในต่างประเทศ (ต่อ)

ที่	ประเทศ	นโยบาย	โครงการอ้างอิงตัวอย่างและจุดประสงค์	เทคโนโลยี	กำลังการติดตั้ง
3	ญี่ปุ่น	แบตเตอรี่มีค่าเท่ากับราคาของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับในปี ค.ศ. 2020 เพื่อให้สามารถใช้ทดแทนกันได้ ในเชิงเศรษฐศาสตร์	โครงการ Nishisendai Substation BESS Project เพื่อควบคุมผลกระทบจากความผันผวนของกำลังไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศญี่ปุ่น	Li-ion Battery	20 MW
4	จีน	ประเทศจีนได้จัดทำแผนการพัฒนาและการใช้พลังงานขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของโครงการคือ การพัฒนาระบบโครงข่ายอัจฉริยะเพื่อทำงานร่วมกับระบบการกักเก็บพลังงาน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่าง ทำให้มีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานลมและความต้องการใช้พลังงานไม่สอดคล้องกัน จึงต้องอาศัยเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน แผนการพัฒนาของจีนนี้มีเป้าหมายทำให้สำเร็จภายใน ค.ศ. 2021	โครงการจัดแสดงระบบกักเก็บพลังงานโดยการอัดอากาศ	อัดอากาศเก็บแบบ Supercritical	10MW

หมายเหตุ. จาก โครงการศึกษาแนวทางการผลิตพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนานโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่, โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน.

### 3.5 ยุทธศาสตร์ นโยบาย และมาตรการของระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทย

การใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ในประเทศไทย จะเป็นระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ในระดับโครงข่ายไฟฟ้าซึ่งได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเริ่มมีการนำไปใช้เพิ่มความยืดหยุ่นในระบบหรือแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงของความต้องการระบบ ระบบแบตเตอรี่มีข้อดีคือ ความเร็วในการตอบสนองสูง ใช้พื้นที่ในการติดตั้งไม่มาก แต่ยังคงมีราคาที่สูง ซึ่งหากมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็คาดว่าจะมีราคาลดลง ประเทศไทยเองก็มีโครงการเกี่ยวกับการใช้แบตเตอรี่ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าในอดีต

มติคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เมื่อวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2559 อนุมัติโครงการสนับสนุนการศึกษา วิจัย พัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (Energy storage) จำนวน 765 ล้านบาท และเห็นชอบให้ สวทช. เป็นผู้บริหารจัดการงานวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน สนับสนุนให้เกิดการใช้และการผลิตได้เอง โดยใช้เทคโนโลยีและวัสดุภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ เป็นการเสริมสร้างเสถียรภาพให้กับระบบผลิตพลังงานของประเทศ โดยนำร่องการใช้งานในด้านความมั่นคง นิคมอุตสาหกรรม พลังงานทดแทน พื้นที่ห่างไกล และยานยนต์ ตลอดจนการสร้างความรู้ แข็งแกร่งด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานตลอดห่วงโซ่คุณค่า เพื่อสร้างฐานการพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานให้มีความเข้มแข็งและแข่งขันได้ในระยะยาวด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ยุทธศาสตร์การพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานของประเทศไทย 20 ปี แบ่งออกเป็น 5 กรอบ ดังนี้

กรอบที่ 1: ด้านความมั่นคง และ ภัยพิบัติ

กรอบที่ 2: ด้านอุตสาหกรรม และ พื้นที่ห่างไกล

กรอบที่ 3: ด้านยานยนต์ไฟฟ้า

กรอบที่ 4: ด้านการวิจัย วัสดุ เซมิคอนดักเตอร์ เมมเบรนแพคเกจจิ้ง

กรอบที่ 5: ด้านการวิจัยระบบควบคุม หรือ ระบบเชื่อมต่อ กับการใช้งาน

ทั้ง 5 กรอบนี้จะนำไปสู่นโยบายพลังงานในอนาคต ที่ระบบกักเก็บพลังงานนี้จะสามารถช่วยลดความผันผวนของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนได้ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการลดการใช้ไฟฟ้า และด้านยานยนต์ไฟฟ้า

เมื่อเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ทางคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้มีประกาศเชิญชวนการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าย่อยเล็ก โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ SPP Hybrid Firm ซึ่งได้ระบุไว้ว่า สามารถนำระบบกักเก็บพลังงานมาติดตั้งร่วมในระบบได้ เพื่อให้สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนให้เป็นพลังงานรูปแบบอื่นที่สามารถกักเก็บไว้ได้ และสามารถแปลงพลังงานที่กักเก็บไว้ให้กลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าใหม่ เพื่อขายเข้าสู่ระบบร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในแบบ SPP Hybrid Firm ได้

ในด้านของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) และอัตรา Demand Response นั้นตามมติเห็นชอบของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เมื่อ

วันที่ 29 กันยายน 2558 กำหนดให้มีอัตราค่าไฟฟ้าประเภทส่งเสริมการประหยัดการใช้ไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Demand Response Rate ซึ่งใช้หลักการผู้ใช้ไฟฟ้าที่ลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงระบบเกิดวิกฤต จะได้รับค่าตอบแทนเป็นเงินหรือได้รับส่วนลดค่าไฟฟ้า เนื่องจากระบบสามารถประหยัดการลงทุนหรือลดความเสี่ยงที่จะเกิดไฟดับจากการที่ไม่สามารถจัดหาไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการในช่วงความต้องการใช้สูงสุด

นโยบายนี้ได้ทำการทดลองใช้เป็นการทั่วไปในปี พ.ศ. 2560-2561 และให้บทวนเพื่อประกาศใช้เป็นมาตรการถาวรในปี พ.ศ. 2562 ขนานกับการจัดทำโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามนโยบายรัฐสำหรับปี 2559-2563 โดยมีคำจำกัดความ ดังนี้

“อัตราค่าไฟฟ้าตามมาตรการส่งเสริมการลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response Rate)” หมายถึง อัตราค่าตอบแทนเป็นเงินชดเชย หรือส่วนลดในอัตราค่าไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าหรือผู้รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้า (Load Aggregator) ได้รับเป็นการตอบแทนในการลดการใช้ไฟฟ้าตามเงื่อนไขของมาตรการ เนื่องจากระบบสามารถประหยัดการลงทุนหรือลดความเสี่ยงที่จะเกิดไฟดับจากการที่ไม่สามารถจัดหาไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการในช่วงความต้องการใช้สูงสุด

มาตรการและอัตรา Demand Response สำหรับปี พ.ศ. 2560-2561 ประกอบด้วย 3 มาตรการหลัก ได้แก่ มาตรการ Critical Peak Pricing (CPP), มาตรการInterruptible/Curtailable Service (I/C) และ มาตรการ Emergency Demand Response Program (EDRP) โดยผู้เข้าร่วมโครงการสามารถเลือกเข้าร่วมมาตรการใดมาตรการหนึ่งได้เพียงมาตรการเดียว และจะได้รับค่าชดเชย/ส่วนลด ในอัตราที่กำหนดตามมาตรการซึ่งอ้างอิงจาก Avoided Cost สำหรับงานวิจัยนี้จะเลือกใช้มาตรการ CPP เนื่องจากเป็นมาตรการเดียวที่จะไม่มีการหยุดจ่ายไฟตามการร้องขอ

(1) มาตรการ CPP คือ มาตรการสร้างแรงจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของวัน (Critical Peak) ในฤดูร้อน โดยใช้กลไกด้านอัตราค่าไฟฟ้าแบบแบ่งแยกตามช่วงเวลา โดยผู้ใช้ไฟฟ้าที่สมัครเข้าร่วมโครงการและไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วง Critical Peak ได้ตามที่กำหนดจะต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูงกว่าอัตราปกติ แต่จะจ่ายค่าไฟฟ้าในช่วง Peak ในอัตรา TOU ปกติ และ Off-peak ในอัตราที่ต่ำกว่าอัตรา TOU ปกติ เพื่อจูงใจให้ผู้เข้าร่วมโครงการบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าโดยลดการใช้ไฟฟ้าในช่วง Critical Peak และช่วง Peak แล้วปรับเปลี่ยนมาใช้ไฟฟ้าในช่วง Off-Peak เพิ่มมากขึ้น

Critical Peak 13.00-15.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

Peak 9.00-13.00 น. และ 15.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

Off-Peak 22.00-9.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์ วันแรงงานและวันหยุดราชการ

การเข้าร่วมมาตรการ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 3, 4 และ 5 ที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตรา TOU โดยทำสัญญากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยอัตรา CPP อิงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU ปัจจุบัน โดยปรับปรุงอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับ CPP ดังนี้

ตารางที่ 3.3 อัตรา CPP อิงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU พ.ศ. 2560

ระดับแรงดัน (kV)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/kWh)		
	Critical Peak	Peak	Off Peak
>69	9.1617	4.1283	1.3379
12-24	9.3424	4.2097	1.3475
<12	9.6659	4.3555	1.3646

หมายเหตุ. จาก สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2560.

(2) มาตรการ Interruptible/Curtailable Service (I/C) มาตรการที่ให้ส่วนลดค่าไฟฟ้าหรือเงินชดเชยแก่ผู้เข้าร่วมมาตรการ ที่ยินยอมให้งดจ่ายไฟฟ้าได้ตามปริมาณที่กำหนดในสัญญาเมื่อระบบมีความต้องการ และหากไม่ยินยอมให้งดจ่ายไฟฟ้าตามสัญญาจะมีบทปรับ โดยแบ่งเป็น 2 มาตรการย่อย ดังนี้

มาตรการแรก มาตรการ ILP เป็นมาตรการที่อิงตามโครงสร้าง Interruptible Rate ในปัจจุบัน โดยปรับปรุงส่วนลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าให้สะท้อน Avoided Cost ตาม PDP 2015 ซึ่งผู้เข้าร่วมมาตรการจะได้รับส่วนลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) จากอัตรา TOU สำหรับปริมาณไฟฟ้าที่สามารถงดจ่ายไฟฟ้าได้ตามสัญญา เรื่องของการเข้าร่วมมาตรการนั้น แบ่งการเข้าร่วมสำหรับผู้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง(มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 kW ถึง 999 kW) ขนาดใหญ่ (มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป) และ กิจการเฉพาะกลุ่ม (กิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย) เป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 สัญญางดจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ 1 MW ขึ้นไป กลุ่มที่ 2 สัญญางดจ่ายไฟฟ้าต่ำกว่า 1 MW แต่ไม่น้อยกว่า 500 kW ทั้งสองกลุ่มสามารถทำสัญญาโดยตรงกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายซึ่งมีเงื่อนไขการสั่งการอย่างน้อย 1 ชั่วโมงล่วงหน้า และคิด Baseline โดยใช้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดก่อนกำหนดการงดจ่ายไฟฟ้า และกำหนดบทลงโทษในเงื่อนไขเช่นเดียวกับ Interruptible Rate ปัจจุบัน กลุ่มที่ 1 ใช้อัตราเดียวกับ Interruptible Rate ในปัจจุบัน และ กลุ่มที่ 2 ใช้อัตราซึ่งอ้างอิงตามโครงสร้างอัตรา Interruptible Rate โดยมีการปรับปรุงค่า Demand Charge ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าอัตรา ILP

ระดับแรงดัน (kV)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าอัตรา ILP (บาท/kW/เดือน)		
	ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
>69	31.30	52.72	31.30
12-24	56.12	94.53	56.12

หมายเหตุ. จาก สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2560.



ทางเลือกที่ 1 การงดจ่ายไฟฟ้าไม่เกิน 3 ชม./ครั้ง, 2 ครั้ง/วัน, 10 ครั้ง/เดือน, 40 ครั้ง/ปี  
 ทางเลือกที่ 2 การงดจ่ายไฟฟ้าไม่เกิน 3 ชม./ครั้ง, 1 ครั้ง/วัน, 10 ครั้ง/เดือน, 20 ครั้ง/ปี  
 ทางเลือกที่ 3 การงดจ่ายไฟฟ้าไม่เกิน 6 ชม./ครั้ง, 1 ครั้ง/วัน, 10 ครั้ง/เดือน, 20 ครั้ง/ปี  
 ทั้งนี้ เปรียบเทียบกับค่า Demand Charge ในอัตรา Interruptible Rate ปัจจุบันและ

TOU ดังนี้

ตารางที่ 3.5 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าตามอัตรา TOU

ระดับแรงดัน (kV)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าตามอัตรา TOU (บาท/kW/เดือน)
>69	74.14
12-24	210.00

หมายเหตุ. จาก สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2560.

มาตรการที่สอง มาตรการ Direct Load Control (DLC) มาตรการ DLC เป็นมาตรการที่จ่ายค่าตอบแทนให้กับผู้รวบรวมการลดการใช้ไฟฟ้า (Load Aggregator) ตามปริมาณการลดการใช้ไฟฟ้าตามสัญญา ในการบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ยินยอมให้ Load Aggregator เข้าควบคุมการใช้ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการหรือที่พักอาศัยตามเงื่อนไขแล้วแต่จะตกลงกัน

การเข้าร่วมมาตรการสำหรับผู้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ และ ประเภทกิจการขนาดเล็ก (ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 kW) ประเภทกิจการขนาดกลาง (ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30kW ถึง 999 kW) ขนาดใหญ่ (ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 kWขึ้นไป) และ กิจการเฉพาะกลุ่ม (กิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย) ที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าแบบ TOU ที่ระดับแรงดัน 12 kV ขึ้นไป ทำสัญญากับ Load Aggregator ตามเงื่อนไขที่ Load Aggregator กำหนด โดย Load Aggregator แต่ละรายจะต้องทำสัญญากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายอย่างน้อย 500 kW โดยมีทางเลือกในการทำสัญญา 3 ทางเลือก เช่นเดียวกับ ILP

ระยะเวลาช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม และเหตุการณ์ฉุกเฉินอื่นๆ ระหว่างปี การสั่งการอย่างน้อย 15 นาที ล่วงหน้า Baseline ใช้ปริมาณพลังไฟฟ้ารวมของกลุ่มก่อนงดจ่ายไฟฟ้า และกำหนดบทลงโทษเช่นเดียวกับ Interruptible Rate

ตารางที่ 3.6 อัตราโดยจ่ายค่าชดเชยเท่ากับส่วนลดของ ILP

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าอัตรา ILP (บาท/kW/เดือน)		
ทางเลือกที่ 1	ทางเลือกที่ 2	ทางเลือกที่ 3
42.84	21.42	42.84

หมายเหตุ. จาก สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2560.

(3) มาตรการ Emergency Demand Response Program (EDRP) มาตรการ EDRP คือ มาตรการที่จ่ายค่าตอบแทนให้กับ Load Aggregator ที่ทำสัญญากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายในการลดการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มลงเมื่อได้รับการร้องขอตามปริมาณที่ตกลงกันโดยไม่อิงโครงสร้างอัตรา TOU และอัตราราคาขดเซยจะเป็นอัตรารตามปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ ทั้งนี้ หากไม่สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ตามสัญญาการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะหักค่าปรับออกจากเงินชดเชยที่ Load Aggregator จะได้รับ ส่วนการเข้าร่วมมาตรการ สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง(ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 kW ถึง 999 kW) ขนาดใหญ่ (ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 kWขึ้นไป) และ กิจการเฉพาะกลุ่ม (กิจการโรงแรมและกิจการให้เข้าพักอาศัย) ที่มีมิเตอร์ที่สามารถบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทุก 15 นาที เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 31 วัน ทำสัญญากับ Load Aggregator ตามเงื่อนไขที่ Load Aggregator กำหนด โดย Load Aggregator แต่ละรายจะต้องทำสัญญากับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายอย่างน้อย 500 กิโลวัตต์ และการสั่งการอย่างน้อย 24 ชั่วโมงล่วงหน้า ครั้งละไม่เกิน 3 ชั่วโมงสูงสุดไม่เกิน 100 ชั่วโมงต่อปี Baseline ตามปริมาณพลังไฟฟ้า (kW) เฉลี่ยของ 15 นาทีเดียวกับที่พิจารณาปริมาณพลังไฟฟ้าจริง 10 วันก่อนเกิดเหตุการณ์ แยกระหว่างวันธรรมดาและวันหยุด และกำหนดบทลงโทษคิดตามกำลังไฟฟ้า ที่ไม่สามารถลดได้ตามสัญญา กิโลวัตต์ละ 54.14 บาท ส่วนอัตรารจ่ายค่าชดเชยร้อยละ 60 ของอัตรา 9.36 บาทต่อหน่วย (Maximum Incentive Payment) เท่ากับ 5.63 บาทต่อหน่วย

สำหรับในงานวิจัยจะเลือกใช้มาตรการ Critical peak pricing (CPP) มาเป็นมาตรการสนับสนุน นี้เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่ผู้วิจัยเลือกนำมาวิจัยนั้นคือ โรงพยาบาล ซึ่งมีความต้องการใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา ไม่สามารถที่จะหยุดการใช้ไฟบางช่วงได้ จึงสามารถเข้าร่วมมาตรการ Demand response ได้เพียงประเภท Critical peak pricing (CPP) เท่านั้น ซึ่งเป็นประเภทที่ทางการไฟฟ้านครหลวงจะไม่มีการขอหยุดจ่ายไฟ

#### ตัวอย่างโครงการที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

(1) โครงการโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็กแม่สะเรียง: อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ลุ่มน้ำชั้น 1A ซึ่งมีต้นไม้นานาพันธุ์ โดยรับไฟจากระบบจำหน่ายยาวกว่า 100 กิโลเมตร ทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องจากต้นไม้บ่อยครั้ง และเป็นเวลานาน จึงได้มีการปรับปรุงระบบโดยการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานจากน้ำ และแบตเตอรี่ในส่วนของระบบกักเก็บพลังงานด้วยน้ำนั้นอยู่ที่อ่างเก็บน้ำผาผา (ห้วยแม่ปาน) ในแผนจะมีกำลังการผลิตไฟฟ้าต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง 14.96 MW หรือ ผลิตไฟฟ้าต่อเนื่องมากกว่า 7 ชั่วโมง 2 MW โดยใช้น้ำ 150,000 ลบ.ม. สำหรับกำลังการผลิต 2MW/4 ชั่วโมง สำหรับระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ จะมีขนาด 1MW/4 ชั่วโมง

(2) โครงการโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็กเกาะกูดและเกาะหมาก การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้จัดเตรียมโครงการโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็กบนเกาะกูด ต่อมาเป็นโครงการปรับปรุงระบบไฟฟ้ารองรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาจากพลังงานหมุนเวียนโดยรองรับการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็กมาก และแก้ไขปัญหาคุณภาพไฟฟ้าจากการเชื่อมต่อ โครงการพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานหมุนเวียนบนพื้นที่เกาะกูดและเกาะหมาก จังหวัดตราด จะมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ และติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้มีพลังงานไฟฟ้าอย่างเพียงพอตลอดจนรับรองการจ่ายไฟแบบโครงข่ายไฟฟ้าขนาดเล็ก

(3) โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผาบ่อง โรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ผาบ่อง เป็นความร่วมมือระหว่าง กฟผ. กับ สนพ. ถือเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แห่งแรกของประเทศที่มีการใช้แบตเตอรี่ขนาดใหญ่ผานการทำงานร่วมกับพลังงานหมุนเวียนในระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบบ ตะกั่วกรดแบบ Stationary Battery จำนวน 280 ลูก แบตเตอรี่จะจ่ายไฟฟ้าเสริมให้กับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เมื่อกำลังจากเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงกะทันหัน เช่น ในกรณีที่เมฆเคลื่อนตัวเข้าบดบังแสงอาทิตย์อย่างรวดเร็ว การใช้แบตเตอรี่เพื่อแก้ปัญหา กำลังการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่อาจเปลี่ยนแปลงกะทันหันนี้ จะช่วยลดผลกระทบต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีสภาพไม่มั่นคงได้

(4) โครงการนำร่องระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะที่แม่ฮ่องสอน โครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่มีวัตถุประสงค์ที่จะช่วยลดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นหลัก ปัญหาดังกล่าวเกิดจากความผิดพลาดของสายส่ง 115 kV และ 22 kV ซึ่งส่งผลทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่จึงจะช่วยสนับสนุนระบบไฟฟ้าในภาวะฉุกเฉินเพื่อรักษาสมดุลระหว่างกำลังการผลิตไฟฟ้ากับความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นๆ ก่อนที่โรงไฟฟ้าดีเซลและเริ่มเดินเครื่องเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตในพื้นที่ให้เพียงพอ นอกจากนี้ในภาวะปกติระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ยังสามารถใช้ช่วยปรับปรุงคุณภาพ ไฟฟ้าในด้านแรงดันหรือความถี่ได้ด้วย ทำให้สามารถนำระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยเฉพาะจากเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายไฟฟ้าได้โดยไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันหรือความถี่ ผลการดำเนินงานของโครงการนี้จะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีระบบไฟฟ้าอัจฉริยะที่สำคัญอันหนึ่งสำหรับเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในประเทศไทยนั้น มีความคล้ายคลึงกับในต่างประเทศ คือ เป็นแบตเตอรี่ระดับโครงข่ายไฟฟ้าที่ติดตั้งเพื่อเพิ่มเสถียรภาพในระบบสายส่งไฟฟ้า รวมไปถึงในพื้นที่ห่างไกล ทางภาครัฐ ก็เริ่มให้ความสนใจ และได้มีโครงการสนับสนุนให้เกิดการวิจัย รวมไปถึงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้ทำการทดลองใช้จริงแล้ว และก็ทำงานได้ดี แต่ส่วนใหญ่ประเทศไทยต้องนำเข้าแบตเตอรี่จากต่างประเทศ จึงทำให้มีต้นทุนที่สูงกว่า

### 3.6 การเลือกใช้งานเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน

จากการที่เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานมีอยู่หลายรูปแบบและหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ในการเลือกใช้งานเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงานให้มีความเหมาะสมกับความต้องการใช้งานจึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างรอบคอบเพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้ตรงตามความต้องการมากที่สุด ทั้งนี้ บางความต้องการการใช้งานไม่สามารถใช้เทคโนโลยีเดียวได้ กล่าวคือ ในบางครั้งอาจต้องมีการใช้เทคโนโลยีในหลายประเภทร่วมกัน โดยการนำเอาข้อดีหรือจุดเด่นของเทคโนโลยีหนึ่งมาช่วยเสริมข้อจำกัด หรือจุดด้อยของอีกเทคโนโลยีหนึ่ง ดังนั้น ในการเลือกใช้เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน จึงควรเริ่มต้นที่วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานเป็นหลักจากนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาเพื่อเลือกใช้งานเทคโนโลยีคือ ปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

- (1) ความเติบโตของเทคโนโลยี
- (2) ขนาดของกำลังและระยะเวลาของการปลดปล่อยพลังงาน
- (3) ความหนาแน่นของกำลังและความหนาแน่นของพลังงาน
- (4) พลังงานจำเพาะและกำลังจำเพาะ
- (5) ประสิทธิภาพในหนึ่งรอบ
- (6) อายุการใช้งานและจำนวนรอบของการใช้งาน
- (7) การปลดปล่อยพลังงานออกเอง
- (8) ราคา
- (9) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้บางปัจจัยมีผลเกี่ยวเนื่องกัน เช่น ปัจจัยในเรื่องของอายุการใช้งานและราคาค่าคือ ถ้าราคาถูกแต่อายุการใช้งานน้อยก็มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้ามา รวมทั้งการต้องเสียเวลาดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย อีกหนึ่งตัวอย่างคือ ปัจจัยในเรื่องของความเติบโตของเทคโนโลยีและประสิทธิภาพกล่าวคือ หากเทคโนโลยียังอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา จะแสดงให้เห็นว่ายังสามารถพัฒนาประสิทธิภาพให้เพิ่มขึ้นได้อีก

Telaretti, Ippoloto, and Dusonchet (2015) ทำการศึกษาแบตเตอรี่ 3 ประเภทที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การใช้งานคร่าวเรือน จนไปถึงโรงงาน อุตสาหกรรม ในการทำ Load Shifting คือ Lead-acid, Li-ion , NaS รายละเอียดตามตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบรายละเอียดคุณสมบัติของแบตเตอรี่จากงานวิจัยต่างประเทศ

รายการ	รายละเอียดคุณสมบัติ		
	Lead-acid	Li-ion	NaS
เทคโนโลยี			
ความจุแบตเตอรี่ (kWh)	20	20	20
ระดับการจ่ายไฟ (kW)	5	5	5
ประสิทธิภาพต่อรอบ (ร้อยละ)	82	90	81
อุณหภูมิขณะทำงาน (°C)	(-20) - (+50)	(-20) - (+45/+60)	300-350
ความลึกของการคายประจุ (ร้อยละ)	80	80	N/A
จำนวนรอบอายุการใช้งาน (รอบ)	1,100	3,000	4,500
ราคาแบตเตอรี่ (EUR/kWh)	171	844	256
ต้นทุนช่วงก่อสร้าง (EUR/kW)	172	125	171
ต้นทุนอุปกรณ์ประกอบระบบ (EUR/kW)	70	0	53

หมายเหตุ. จาก Enrico Telaretti, Mariano Ippoloto, Luigi Dusonchet, 2015.

แบตเตอรี่ทั้ง 3 ประเภทนี้ Li-ion ได้เปรียบในเรื่องของการลดต้นทุน และมีประสิทธิภาพของจำนวนรอบใช้งาน (cycle life) ผลจากการทดสอบการทำงานจริง ของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ประเภทนั้นพบว่า ต้นทุนต่อหน่วยต่อการอัดประจุ ดังนี้ Lead-acid เท่ากับ 0.171 EUR/kWh Li-ion เท่ากับ 0.103 EUR/kWh NaS เท่ากับ 0.096 EUR/kWh จะเห็นว่าแบตเตอรี่ประเภท NaS มีต้นทุนต่อหน่วยที่ถูกที่สุด แต่ด้วยอุณหภูมิในการทำงานที่สูงมากถึง 300-350 องศาเซลเซียส จึงไม่มีความเหมาะสม

สำหรับประเทศไทย แบตเตอรี่ประเภท Li-ion จึงมีความเหมาะสมมากกว่า อีกทั้ง Li-ion ไม่มีค่าดูแลรักษาอีกด้วย และจากงานวิจัยโครงการศึกษาการผสมผสานพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนา นโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการเปรียบเทียบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ประเภท Lead-acid Li-ion และ NaS รายละเอียดดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบรายละเอียดคุณสมบัติของแบตเตอรี่จากงานวิจัยประเทศไทย

เทคโนโลยี	อายุการใช้งาน (ปี)	จำนวนรอบของการใช้งาน (รอบ)	การปลดปล่อยพลังงานออกเองในแต่ละวัน (ร้อยละ)
Lead-acid	5-15	500-1,800	0.1-0.3
Li-ion	5-16	1,000-20,000	0.1-0.3
NaS	10-20	2,500-4,500	โดยส่วนใหญ่เป็น 0

หมายเหตุ. จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2558.

จากข้อมูลการวิจัยในตารางที่ 3.8 พบว่า หากต้องการใช้งานแบตเตอรี่ตามระยะเวลาของโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่แล้วนั้น ในระยะเวลาอายุโครงการ 15 ปี อัตราประจำวันละ 1 ครั้ง จะต้องมียังจำนวนรอบของการใช้งานทั้งหมด 5,475 รอบ ซึ่งแบตเตอรี่ประเภท Li-ion สามารถทำได้ตามเงื่อนไขของโครงการ ผู้วิจัยจึงเลือกแบตเตอรี่ประเภท Li-ion ในการวิจัย

## บทที่ 4 ระเบียบวิธีการศึกษา

การศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ และ ศึกษามาตรการการส่งเสริมการใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่เพื่อหาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน สำหรับโรงพยาบาลที่มีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าแบบตามช่วงเวลา (TOU) ตลอดอายุการใช้งาน จากนั้นวิเคราะห์ผลกระทบต่างๆ ได้แก่ ปริมาณไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ รวมไปถึงมาตรการส่งเสริมในอนาคต เป็นต้น และเพื่อให้การศึกษานี้ เป็นไปตามความมุ่งหมาย จึงได้ดำเนินการศึกษาตามระเบียบ ดังนี้

### 4.1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่งเป็นการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ อันได้แก่ ราคา ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าติดตั้ง ภายใต้ข้อสมมติที่กำหนดขึ้นมา โดยจะจำลองระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ด้วยโปรแกรม HOMER PRO จากนั้นจะนำผลจากการจำลอง ของแบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออน ในส่วนที่สองเป็นการศึกษามาตรการส่งเสริมจากภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในประเทศไทย

จากนั้นนำผลการศึกษามาวิเคราะห์ความอ่อนไหว ต่ออัตราค่าไฟฟ้า พฤติกรรมการใช้งาน รวมไปถึงแนวทางการส่งเสริมการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ เช่น มาตรการลดราคาไฟฟ้า เพื่อมาทดสอบผลกระทบต่อความเป็นไปได้ในการลงทุนจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าความเหมาะสมแก่การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ และภาครัฐควรจะสนับสนุนในระดับใด จึงจะสามารถทำให้การลงทุนนี้มีความน่าสนใจมากขึ้น ซึ่งการศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารวบรวมข้อมูลรายละเอียดของโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ประเภทในระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการโรงพยาบาล งบประมาณต้นทุนตลอดอายุการใช้งานของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ รวมไปถึงศึกษาการกำหนดมาตรการส่งเสริมการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน และผลประโยชน์ที่ได้รับตลอดอายุการใช้งานของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 จำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลที่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ด้วยโปรแกรม HOMER PRO โดยพิจารณาพฤติกรรมการใช้ไฟของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use: TOU) เพื่อวิเคราะห์การทำงานของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่โดยนำข้อมูลจากผลการจำลองระบบด้วยโปรแกรม HOMER PRO มาเป็นข้อมูลในการ

คำนวณหาต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการเพื่อนำมาวิเคราะห์หามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio: B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PBP)

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ โดยจะวิเคราะห์ใน 5 กรณี คือ หากราคาของระบบกักเก็บมีราคาที่ลดลง หากภาครัฐใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) สำหรับผู้ที่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานภายในกิจการ หากประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม และ การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) รวมไปถึงการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติ คาร์โล โดยทุกกรณีของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ คือ หากการไฟฟ้ามีการดับไฟเพื่อบำรุงรักษาระบบ และ หากไม่มีการดับไฟเพื่อทำการบำรุงรักษา



ภาพที่ 4.1 แผนผังภาพรวมกระบวนการวิธีการวิจัย. จากการสรุปโดยผู้วิจัย.

## 4.2 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในด้านของการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เป็นการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐกิจ โดยรวม เพื่อพิจารณาถึงผลได้และผลเสียที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ อันเกิดจากการจัดสรรทรัพยากรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยใช้ “ราคาเงา” (Shadow Price) เป็นเครื่องมือในการประเมินมูลค่าและผลตอบแทนแทน “ราคาตลาด” (Market Price) โดยนำมูลค่าทางการเงินมาปรับค่าให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทนของโครงการ ซึ่งมูลค่าที่แท้จริงของต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้การปรับค่าทางการเงินให้เป็นค่าทางเศรษฐศาสตร์ ใช้หลัก “ราคาตลาดโลกเป็นฐานราคา” โดยกลุ่มสินค้าประเภท Traded Goods ทำการปรับค่าได้โดย กรณีสินค้านำเข้า ใช้ราคานำเข้า Cost Insurance and Freight (C.I.F.) และกรณีสินค้าส่งออกใช้ราคาส่งออก Free on Board (F.O.B.) เป็นตัวปรับค่าสินค้าให้ราคา ณ ท่าเรือของ ประเทศที่ตั้งโครงการ และในส่วนของ Non-Traded Goods ทำการปรับราคาได้โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ “Standard Conversion Factor” (SCF)

ในขณะที่การประเมินโครงการลงทุนในมุมมองของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน (สกอ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐจะแตกต่างจากในมุมมองของเจ้าของโครงการเนื่องจาก สกอ. ต้องคำนึงถึงผลประโยชน์โดยรวมของระบบเศรษฐกิจที่เกิดจากการอนุรักษ์พลังงาน สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานได้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ โดยโครงการลงทุนที่มีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน เกินกว่าค่ามาตรฐานร้อยละ 9 ต่อปี ถือว่าเป็นโครงการที่ สกอ. จะสนับสนุนให้เกิดขึ้น เพราะมีความคุ้มค่า

## 4.3 การกำหนดข้อสมมติฐาน

1. กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างโรงพยาบาล มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป
2. กำหนดให้วันทำงานต่อปีของโรงพยาบาล ที่พิจารณานี้ เท่ากับ 365 วันต่อปี โดยให้มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง
3. ช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า กำหนดให้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วง Peak ตั้งแต่เวลา 09.00-22.00 น. ระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และ Off Peak ตั้งแต่เวลา 22.00-09.00 น. ระหว่างวันจันทร์ถึงวันศุกร์ และ เวลา 00.00-24.00 น. ของวันเสาร์และอาทิตย์ (รวมถึงวันหยุดราชการ แต่ไม่รวมวันหยุดชดเชยและวันพีชมงคล)
4. ค่าไฟฟ้าในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง



ตารางที่ 4.1 อัตราค่าไฟฟ้าในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

แรงดันไฟฟ้า	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/kWh)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/kWh)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
แรงดัน 22 kV	132.93	4.2097	2.6295	312.24
Peak: วันจันทร์ - ศุกร์ เวลา 09.00-22.00 น. Off Peak: วันจันทร์ - ศุกร์ เวลา 22.00-09.00 น. Off Peak: วันเสาร์ - อาทิตย์ ทั้งวัน (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)				

หมายเหตุ. จาก การไฟฟ้านครหลวง, 2558.

5. ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่โรงงานต้องใช้ในช่วง Peak ช่วง Off peak จะมีปริมาณเหมือนกันทุกวัน หมายถึงพฤติกรรมการใช้ไฟเช่นนี้เหมือนกันทุกวัน

6. สถานะไฟฟ้าที่เข้าออกระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.2 สถานะไฟฟ้าที่เข้าออกระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ช่วงเวลา	วัน	เวลา	สถานะ
Peak	จันทร์ - ศุกร์	09.00-22.00 น.	คายประจุ (Discharge)
Off Peak	จันทร์ - ศุกร์	22.00-09.00 น.	อัดประจุ (Charge)
Off Peak	เสาร์ - อาทิตย์ - วันหยุดราชการปกติ	00.00-24.00 น.	หยุดทำงาน

หมายเหตุ. จากการกำหนดของผู้วิจัย

7. วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ตารางที่ 4.3 วิธีคำนวณค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้

ที่	ส่วนประกอบค่าไฟฟ้า	ราคา	พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า
1	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	132.93 บาท/kW	A kW
2	ค่าพลังงานไฟฟ้า ช่วง Peak	4.2097 บาท/kWh	B kWh
3	ค่าพลังงานไฟฟ้า ช่วง Off peak	2.6295 บาท/kWh	C kWh
4	ค่าพลังงานไฟฟ้า ช่วง Off holiday	2.6295 บาท/kWh	D kWh
5	ค่า FT (ก.ย. - ธ.ค. 2560)	-0.1590 บาท/kWh	(B+C+D) kWh
6	ค่าบริการ	312.24 บาท	
รวมค่าไฟฟ้า = (A×132.93)+(B×4.2097)+(C×2.6295)+(D×2.6295)+((B+C+D) ×(-0.1590))			

หมายเหตุ. จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัย

#### 8. นโยบายสนับสนุนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน

8.1 ภาครัฐใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP)

8.2 ภาครัฐมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาในการคำนวณค่าไฟ TOU ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้ไฟจริง

#### 4.4 แบบจำลองที่ใช้ในการหาจำนวนแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

ในการศึกษานี้จะใช้โปรแกรม HOMER PRO ในการจำลองระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ โดยแบบจำลองนี้จะกรอกข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลที่ขอมารจากการไฟฟ้านครหลวง มีพฤติกรรมการใช้ไฟตลอด 24 ชั่วโมง ปีละ 365 วัน โดยติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ประเภทลิเธียมไอออน



ภาพที่ 4.2 ภาพรวมของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ จากโปรแกรม HOMER PRO. จากการสรุปโดยผู้วิจัย.

#### 4.5 ต้นทุนการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

1. ต้นทุนอุปกรณ์และค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ได้แก่ แบตเตอรี่ คอนเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ และ อุปกรณ์ประกอบระบบ เช่น สายไฟ รางเคเบิล อุปกรณ์ตัดต่อระบบ มิเตอร์ไฟฟ้า ค่าติดตั้งระบบ ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ซึ่งจะประเมินราคาจากการสอบราคาจากตัวแทนจำหน่ายโดยตรง
2. ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ได้แก่ การบำรุงรักษา คอนเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ และอุปกรณ์ประกอบระบบ เพื่อให้ทำงานเป็นปกติ ซึ่งจะประเมินราคาจากการสอบราคาจากบริษัทที่ให้บริการ การบริหารจัดการโรงไฟฟ้าโดยตรง

#### 4.6 ผลประโยชน์ของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

1. ประโยชน์จากการลดค่าไฟฟ้า ในช่วงเวลา Peak ที่มีอัตราค่าไฟที่แพงกว่าช่วง Off Peak ลงได้ ทำให้เจ้าของกิจการจ่ายค่าไฟฟ้าน้อยลง ซึ่งสามารถประมาณการผลประโยชน์จากการลดค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า ได้จากการคำนวณอัตราค่าไฟในอัตรา TOU
 
$$= (\text{ปริมาณความต้องการไฟฟ้าช่วง Peak} \times \text{ราคาไฟฟ้าช่วง Peak}) - (\text{ปริมาณความต้องการไฟฟ้าช่วง Peak} \times \text{ราคาไฟฟ้าช่วง Off peak}) - (\text{ปริมาณความต้องการไฟฟ้าช่วง Peak} \times \text{ต้นทุนระบบกักเก็บพลังงานต่อหน่วยไฟฟ้า})$$
2. ประโยชน์จากการเพิ่มความมั่นคงให้กับระบบไฟฟ้าภายในกิจการ หากมีเหตุการณ์ที่ทำให้การไฟฟ้านครหลวงไม่สามารถจ่ายไฟได้ ระบบนี้ก็สามารถเป็นระบบไฟฟ้าสำรองจ่ายให้กับ

กิจการได้ โดยผลประโยชน์ที่ได้รับจะคิดเป็นรายชั่วโมงจากการลดความไม่พร้อมใช้งานของระบบโดยคำนวณจากรายได้ต่อชั่วโมงของกิจการ

$$= (\text{ระยะเวลาไฟดับต่อปี} \times \text{กำไรก่อนหักภาษีต่อชั่วโมงของกิจการ})$$

หลังจากได้ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของระบบก็เก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่สำหรับโรงพยาบาลที่มีอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ แล้วจะนำข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ดังกล่าวมาวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยกำหนดให้อายุโครงการเท่ากับ 15 ปี เพื่อให้สัมพันธ์กับอายุการใช้งาน ซึ่งแบตเตอรี่ลิเธียมไอออน จะมีอายุการใช้งานไม่เกิน 15 ปี และให้สัมพันธ์กับระยะเวลาในการขอรับการสนับสนุนจากภาครัฐ เป็นเวลา 15 ปี

#### 4.7 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นค่าที่แสดงว่าโครงการที่วิเคราะห์นั้นมีความคุ้มค่าหรือไม่ที่จะลงทุน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ดัชนีชี้วัดทั้งหมด 4 ค่าดังนี้

##### 4.7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ และมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนของโครงการพิจารณาจาก NPV มีค่ามากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

$$NPV = PVB - PVC \quad (4.1)$$

$$= \sum_{j=1}^n \frac{B_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}$$

$$= \sum_{t=1}^n \frac{B_j - C_j}{(1+i)^j} \text{ หรือ } = \sum_{t=1}^n (B_j - C_j)(1+i)^{-j}$$

โดยที่

NPV	คือ	มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิจากโครงการ
$B_j$	คือ	ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ $j$
$C_j$	คือ	ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ $j$
$j$	คือ	ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง $n$
$n$	คือ	อายุของโครงการ (Project Line)
$i$	คือ	อัตราคิดลด
PVB	คือ	มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน
PVC	คือ	มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

#### 4.7.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit - Cost Ratio: B/C Ratio)

คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมกับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม พิจารณาจาก B/C Ratio มีค่ามากกว่าหนึ่งหรือมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{PVB}{PVC} \quad (4.2)$$

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$$

โดยที่

- $B_j$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $t$
- $C_0$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ 0
- $C_t$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่  $t$
- $j$  คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$
- $n$  คือ อายุของโครงการ (Project Line)
- $i$  คือ อัตราคิดลด
- PVB คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน
- PVC คือ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน

#### 4.7.3 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

คือ (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน พิจารณาจาก IRR มีค่ามากกว่าต้นทุนของเงินลงทุนแสดงว่าโครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน

$$\sum_{j=1}^n \frac{B_j - C_j}{(1+IRR)^j} = 0 \quad (4.3)$$

โดยที่

- $B_j$  คือ ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่  $j$
- $C_j$  คือ ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่  $j$
- $j$  คือ ปีของโครงการมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  $n$
- $n$  คือ อายุของโครงการ (Project Line)
- IRR คือ อัตราส่วนผลตอบแทนภายในโครงการ

#### 4.7.4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback Period: PBP)

คือ จำนวนปีในการดำเนินการที่ทำให้ผลตอบแทนสุทธิในแต่ละปีมีค่ารวมเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิต่อปี}} \quad (4.4)$$

#### 4.8 การตัดสินใจลงทุน (Investment Decision)

การตัดสินใจลงทุน หมายถึง การตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนว่าควรลงทุนในโครงการใดจึงจะให้ผลตอบแทนตามความต้องการและเกิดความคุ้มค่าในการลงทุนโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ ทางการลงทุนที่คำนึงถึงค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PBP) ตามรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจทางการลงทุนทำให้ผู้วิเคราะห์ โครงการลงทุนสามารถตัดสินใจได้ว่าควรลงทุนในโครงการนั้นๆ หรือไม่โดยปกติแล้วนั้นโครงการที่ ควรลงทุนจะพิจารณาจากค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่า NPV มากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวกจะแสดงว่าโครงการมีการลงทุนที่ให้ผลคุ้มค่าเนื่องจาก NPV ส่วนที่เป็นบวกของโครงการเป็นผลตอบแทนของเจ้าของดังนั้น เมื่อลงทุนในโครงการที่ NPV เท่ากับ 0 ส่วนของเจ้าของจะไม่เพิ่มขึ้นแต่การที่ธุรกิจมีโครงการลงทุนเพิ่ม จะมีผลให้ขนาดของกิจการขยายตัวขึ้น

2. อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) การตัดสินใจโดยการใช้วิธี IRR คือ อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนในโครงการ โดยถ้าอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่าสูงกว่า ต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเงินทุน ก็ควรลงทุน แต่ถ้าอัตราอัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR) มีค่าต่ำกว่าต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราดอกเบี้ยเงินทุนก็ควรปฏิเสธการลงทุนในโครงการ

3. อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C Ratio) การตัดสินใจพิจารณาเพื่อคัดเลือกโครงการที่ให้ค่า B/C Ratio มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1 นั้นเป็นโครงการที่ดีเนื่องจากโครงการลงทุน แล้วได้รับผลตอบแทนต่อทุนสูงกว่าเงินลงทุน ควรจะลงทุนเพราะโครงการมีความคุ้มค่าต่อเงินที่ ลงทุนไปหรือโครงการนั้นก่อให้เกิดกำไรนั่นเอง

4. ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PBP) การตัดสินใจพิจารณาโดยเลือกโครงการที่ให้ค่า PBP น้อยกว่าอายุโครงการ ควรจะดูดัชนีชี้วัดตัวอื่นประกอบการตัดสินใจลงทุนด้วยจะทำให้สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

#### 4.9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ คือ การวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์ ความอ่อนไหวของโครงการจะทำให้ผู้ประเมินโครงการทราบว่า หากมีตัวแปรใดที่ไม่เป็นตามที่คาดการณ์ไว้ จะส่งผลกระทบต่อผลตอบแทนสุทธิของโครงการอย่างไร ทั้งนี้เพื่อที่จะได้หาแนวทางการควบคุมตัวแปรต่างๆ เพื่อให้การดำเนินการของโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคล่องตัวและทนต่อความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

โดยการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ใน 4 กรณีคือ

1. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลง เริ่มตั้งแต่ 5,103.00 บาท/kWh ลดลงไปถึง 2,331.00 บาท/kWh
2. หากภาครัฐใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) สำหรับผู้ที่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานภายในกิจการ ซึ่งมาตรการนี้จะทำให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าในช่วง Off peak ลดลงจากอัตรา TOU ปกติ
3. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีขึ้นร้อยละ 25
4. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม
5. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP)

โดยทุกกรณีของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนั้นจะมีการแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่หากการไฟฟ้ามีการดับไฟเพื่อบำรุงรักษาระบบ และ เหตุการณ์ที่หากไม่มีการดับไฟเพื่อบำรุงรักษาระบบ

#### 4.10 การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล (Monte Carlo Simulation)

ในขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นกับโครงการนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลในการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราความผันผวนของการเจริญเติบโตของกำไรก่อนหักภาษี ของโรงพยาบาลที่เลือกมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา นี้ ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Distribution Function) และจะทำการสุ่มแบบจำลองจำนวน 10,000 ครั้ง ซึ่งผลที่ออกมาจะแสดงถึงค่าคาดหวังของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเฉลี่ยภายใต้แบบจำลอง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุดและต่ำสุด และความเป็นไปได้ของโครงการที่จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 หรือน้อยกว่า 0 ซึ่งจะสามารถเป็นค่าที่ใช้เพื่อชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของโครงการนั้นว่าจะมีโอกาสกำไรหรือขาดทุนอย่างไร

## บทที่ 5 ผลการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นผลของการศึกษาโดยจะแบ่งออกเป็นทั้งสิ้น 7 หัวข้อดังนี้ หัวข้อที่หนึ่งจะเป็นการคำนวณค่าอัตราคิดลดของอุตสาหกรรม ส่วนที่สองจะเป็นการประเมินต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนที่สามจะเป็นผลประโยชน์วงจรอายุที่ได้รับจากการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนที่สี่จะเป็นการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนที่ห้าเป็นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ ส่วนที่หกซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายจะเป็นการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล และส่วนที่เจ็ดเป็นบทสรุปของการศึกษา

### 5.1 การคำนวณอัตราคิดลดของอุตสาหกรรม (Discount Rate)

จากการประเมินโครงการการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นยังไม่มีตัวเลขอัตราคิดลดที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมนี้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการหาอัตราคิดลดของอุตสาหกรรมจากข้อมูลทฤษฎีโดยใช้แบบจำลองการกำหนดราคาของสินทรัพย์ (Capital Asset Pricing Model: CAPM) งานวิจัยนี้จะศึกษาการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในอุตสาหกรรมโรงพยาบาลเอกชนผู้ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง โดยใช้สูตรจากสมการ 5.2 ในการคำนวณ โดยจะหาค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

#### 5.1.1 อัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง ( $R_f$ )

อัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง ผู้วิจัยเลือกผลตอบแทนจากตั๋วเงินคลัง (Treasury bill) อายุ 3 เดือน ที่ออกโดยรัฐบาลไทย โดยตั๋วเงินคลังนี้มีผลตอบแทนอยู่ที่ร้อยละ 1.15

#### 5.1.2 อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์ ( $R_m$ )

อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์ ในการวิจัยนี้จะคำนวณมาจากดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2551-2560 ซึ่งจะคำนวณจากสมการ 5.1 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5.1 ในการคำนวณ

$$\text{อัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์} = \ln \left( \frac{\text{ดัชนีตลาดหลักทรัพย์เดือนธันวาคม}}{\text{ดัชนีตลาดหลักทรัพย์เดือนมกราคม}} \right) \quad (5.1)$$



ตารางที่ 5.1 ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์และอัตราผลตอบแทนระหว่างปี พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560

ระยะเวลาที่พิจารณา	ดัชนีราคา (จุด)	อัตราผลตอบแทนจาก ตลาดหลักทรัพย์รายปี (ร้อยละ)
มกราคม พ.ศ. 2551	401.84	
ธันวาคม พ.ศ. 2551	748.23	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2551		-55.55
มกราคม พ.ศ. 2552	437.69	
ธันวาคม พ.ศ. 2552	734.54	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2552		51.77
มกราคม พ.ศ. 2553	696.55	
ธันวาคม พ.ศ. 2553	1,032.76	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2553		39.38
มกราคม พ.ศ. 2554	964.1	
ธันวาคม พ.ศ. 2554	1,025.32	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2554		6.15
มกราคม พ.ศ. 2555	1,083.97	
ธันวาคม พ.ศ. 2555	1,391.93	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2555		25.00
มกราคม พ.ศ. 2556	1,474.2	
ธันวาคม พ.ศ. 2556	1,298.71	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2556		-12.67
มกราคม พ.ศ. 2557	1,274.28	
ธันวาคม พ.ศ. 2557	1,497.67	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2557		16.15
มกราคม พ.ศ. 2558	1,581.25	
ธันวาคม พ.ศ. 2558	1,288.02	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2558		-20.51
มกราคม พ.ศ. 2559	1,300.98	
ธันวาคม พ.ศ. 2559	1,542.94	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2559		17.05
มกราคม พ.ศ. 2560	1,577.31	
ธันวาคม พ.ศ. 2560	1,753.71	
อัตราผลตอบแทนในปี พ.ศ. 2560		10.60
อัตราผลตอบแทนระหว่างปี พ.ศ. 2551-2560		7.74

หมายเหตุ. จาก ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2561.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 จะสามารถคำนวณหาอัตราผลตอบแทนที่ต้องการจากตลาดหลักทรัพย์เฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2560) ที่ร้อยละ 7.74

### 5.1.3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์ ( $\beta_i$ )

ค่าเบต้า หรือค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงราคาของหลักทรัพย์นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำค่าเบต้าของกลุ่มธุรกิจที่ประกอบการโรงพยาบาลเอกชนมาทำการคำนวณ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงความเสี่ยงที่เป็นระบบของหลักทรัพย์

ที่	ชื่อหุ้น	ชื่อบริษัท	ค่าเบต้า
1	BDMS	บริษัท กรุงเทพดุสิตเวชการ จำกัด(มหาชน)	0.88
2	BH	บริษัท โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ จำกัด (มหาชน)	1.92
3	BCH	บริษัท บางกอก เซน ฮอสปิทอล จำกัด (มหาชน)	0.76
4	THG	บริษัท ธนบุรี เฮลท์แคร์ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	2.30
5	VIBHA	บริษัท โรงพยาบาลวิภาวดี จำกัด (มหาชน)	0.47
6	CHG	บริษัท โรงพยาบาลจุฬารัตน์ จำกัด (มหาชน)	1.40
7	SKR	บริษัท ศิครินทร์ จำกัด (มหาชน)	0.22
8	NTV	บริษัท โรงพยาบาลนนทเวช จำกัด (มหาชน)	0.08
9	VIH	บริษัท ศรีวิชัยเวชวิวัฒน์ จำกัด (มหาชน)	0.62
10	LPH	บริษัท โรงพยาบาล ลาดพร้าว จำกัด (มหาชน)	0.08
11	RJH	บริษัท โรงพยาบาลราชธานี จำกัด (มหาชน)	0.64
12	CMR	บริษัท เชียงใหม่รามธุรกิจการแพทย์ จำกัด (มหาชน)	0.84
13	EKH	บริษัท เอกชัยการแพทย์ จำกัด (มหาชน)	1.20
ค่าเฉลี่ยของเบต้า			0.877

หมายเหตุ. จาก โปรแกรม eFin Smart Data, 2561.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.2 เป็นค่าเบต้าของหุ้นกลุ่มบริษัทที่ประกอบกิจการโรงพยาบาลทั้งหมด 13 บริษัท ซึ่งสามารถหาค่าเฉลี่ยของค่าเบต้าได้เท่ากับ 0.877

### 5.1.4 อัตราผลตอบแทนที่เหมาะสมของหลักทรัพย์

อัตราผลตอบแทนที่เหมาะสมของหลักทรัพย์จากแบบจำลองของการกำหนดราคาของสินทรัพย์ คือ อัตราการคิดลดของอุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้โดย

อัตราคิดลดของธุรกิจโรงพยาบาล

$$E(R_i) = \text{Risk free rate} + \text{Risk premium} \quad (5.2)$$

$$E(R_i) = R_f + [(R_m - R_f) \times \beta_i]$$

$$E(R_i) = 1.15 + [(7.74 - 1.15) \times 0.877]$$

$$E(R_i) = 6.93$$

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าอัตราคิดลดของกลุ่มบริษัทโรงพยาบาล มีอัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 6.93

## 5.2 การประเมินต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Costing: LCC) ของการลงทุนสร้างระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

สำหรับการประเมินต้นทุนวงจรอายุ (Life Cycle Costing) จะเป็นการประเมินโดยใช้การประเมินช่วงอายุของโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลิเธียมซึ่งจะคิดวงจรกิจกรรมโครงการที่ 15 ปี ซึ่งภายในระยะเวลานี้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้นทุนของโครงการนั้นสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น (Initial Cost) และต้นทุนในการดำเนินการและดูแลรักษา (Operation & Maintenance Cost) โดยผู้วิจัยจะนำข้อมูลราคาของแบตเตอรี่และอุปกรณ์ประกอบระบบมาจาก บริษัทฯ ต่างๆ ที่ให้บริการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ทั้งในและต่างประเทศ

การเริ่มต้นในการประเมินนั้น จะต้องนำข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง (Load Profile) ของโรงพยาบาลมาพิจารณา โดยทางผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจากการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังของโรงพยาบาลจำนวน 3 แห่ง ในปี พ.ศ. 2560

โรงพยาบาล	เดือน	จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak (kWh)	จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak (kWh)
A	มกราคม	207,631.30	148,523.56
	กุมภาพันธ์	182,736.90	137,426.47
	มีนาคม	223,100.47	159,733.95
	เมษายน	166,546.43	171,525.17
	พฤษภาคม	199,071.14	178,162.35
	มิถุนายน	207,138.36	153,235.72
	กรกฎาคม	195,047.31	152,332.10
	สิงหาคม	217,536.74	152,967.83
	กันยายน	200,081.02	144,352.94
	ตุลาคม	189,592.36	153,583.52
	พฤศจิกายน	190,990.90	143,339.90
	ธันวาคม	169,678.72	121,818.02
B	มกราคม	103,194.99	95,132.11
	กุมภาพันธ์	90,462.34	96,802.31
	มีนาคม	119,924.47	103,160.26
	เมษายน	86,740.72	116,615.92
	พฤษภาคม	112,216.38	102,699.68
	มิถุนายน	122,344.92	91,787.20
	กรกฎาคม	111,995.81	102,426.31
	สิงหาคม	122,818.67	88,806.21
	กันยายน	95,463.13	85,188.24
	ตุลาคม	92,250.68	90,591.71
	พฤศจิกายน	88,682.00	71,379.99
	ธันวาคม	74,225.75	59,584.42

ตารางที่ 5.3 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังของโรงพยาบาลจำนวน 3 แห่ง ในปี พ.ศ. 2560 (ต่อ)

โรงพยาบาล	เดือน	จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak (kWh)	จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak (kWh)
C	มกราคม	94,488.92	90,703.32
	กุมภาพันธ์	79,801.20	81,827.92
	มีนาคม	112,145.17	89,552.29
	เมษายน	86,333.51	100,674.82
	พฤษภาคม	99,595.93	97,865.44
	มิถุนายน	94,360.15	82,874.56
	กรกฎาคม	93,958.62	90,087.45
	สิงหาคม	91,123.72	80,048.79
	กันยายน	92,192.89	82,658.17
	ตุลาคม	86,367.22	84,937.20
	พฤศจิกายน	84,004.16	72,505.91
	ธันวาคม	60,575.79	63,765.05

หมายเหตุ. จาก การไฟฟ้านครหลวง, 2561.

จากข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลเอกชนในกรุงเทพมหานครจำนวน 3 แห่งนั้น จะเห็นว่ามี ความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงพยาบาลซึ่งปริมาณการใช้ไฟฟ้านี้จะส่งผลต่อขนาดของระบบกักเก็บพลังงาน ซึ่งลักษณะการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาล A B และ C มีความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงที่มีความต้องการสูง และช่วงที่มีความต้องการต่ำคิดเป็นร้อยละ 22.65 9.52 และ 5.34 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงและช่วงที่มีความต้องการต่ำนั้นจะส่งผลต่อความคุ้มค่า ซึ่งจะมีการแสดงรายละเอียดเพิ่มเติมต่อไป

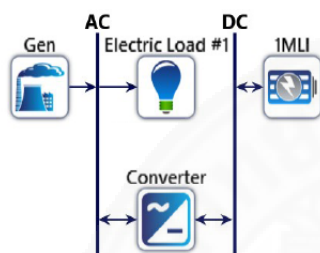
ในการหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมนั้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม HOMER PRO ในการจำลองระบบไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจะได้ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสมกับโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่งดังนี้



### System Architecture

Component	Name	Size	Unit
Generator	Autosize Genset	430	kW
Storage	Generic 1MWh Li-Ion	20	strings
System converter	System Converter	780	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

#### Schematic



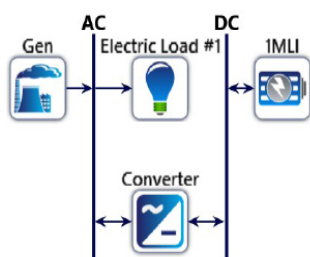
ภาพที่ 5.1 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล A จากโปรแกรม HOMER PRO. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.



### System Architecture

Component	Name	Size	Unit
Generator	Autosize Genset	330	kW
Storage	Generic 1MWh Li-Ion	15	strings
System converter	System Converter	450	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

#### Schematic



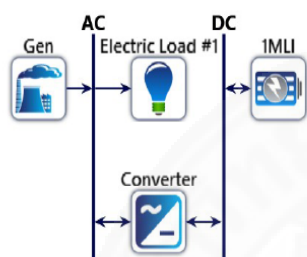
ภาพที่ 5.2 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล B จากโปรแกรม HOMER PRO. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.



## System Architecture

Component	Name	Size	Unit
Generator	Autosize Genset	270	kW
Storage	Generic 1MWh Li-Ion	13	strings
System converter	System Converter	400	kW
Dispatch strategy	HOMER Cycle Charging		

### Schematic



ภาพที่ 5.3 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาล C จากโปรแกรม HOMER PRO. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

ตารางที่ 5.4 ผลการจำลองระบบไฟฟ้าเพื่อหาขนาดของระบบกักเก็บพลังงานจากโปรแกรม HOMER PRO

โรงพยาบาล	ขนาดของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ที่เลือกใช้งาน (MWh)	จำนวนระบบกักเก็บพลังงานที่เหมาะสม (ชุด)	รวมขนาดของระบบกักเก็บพลังงานที่ติดตั้ง (MWh)
A	1	20	20
B	1	15	15
C	1	13	13

หมายเหตุ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย

### 5.2.1 ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น

ต้นทุนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ก็คือ ต้นทุนราคาของแบตเตอรี่ จากการศึกษารายงานของ Bloomberg New Energy Finance (2017) พบว่า เมื่อปี ค.ศ. 2017 โรงงานที่ผลิตแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนในประเทศเกาหลีใต้ ได้ตั้งราคาแบตเตอรี่ไว้ที่ 162 USD/kWh (5,103 บาท/kWh ตามอัตราแลกเปลี่ยน 31.50 บาทต่อดอลลาร์ สรอ.) และมีแนวโน้มที่จะลดลง ซึ่งได้คาดการณ์ไว้ว่าในปี ค.ศ. 2030 จะลดลงมาที่ราคา 74 USD/kWh (2,331 บาท/kWh ตามอัตราแลกเปลี่ยน 31.50 บาทต่อดอลลาร์ สรอ.)

ตารางที่ 5.5 รายละเอียดต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้น

โรงพยาบาล	รายละเอียดต้นทุน	ต้นทุนต่อหน่วย	จำนวน	ต้นทุน (บาท)
A	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	5,103 บาท/kWh	20 MWh	102,060,000.00
	ค่าติดตั้ง	ร้อยละ 3 ของต้นทุน	1 งาน	3,061,800.00
	ระบบดับเพลิง	10,000 บาท/MWh	20 ชุด	200,000.00
B	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	5,103 บาท/kWh	15 MWh	76,545,000.00
	ค่าติดตั้ง	ร้อยละ 3 ของต้นทุน	1 งาน	2,296,350.00
	ระบบดับเพลิง	10,000 บาท/MWh	15 ชุด	150,000.00
C	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	5,103 บาท/kWh	13 MWh	66,339,000.00
	ค่าติดตั้ง	ร้อยละ 3 ของต้นทุน	1 งาน	1,990,170.00
	ระบบดับเพลิง	10,000 บาท/MWh	13 ชุด	130,000.00

อัตราแลกเปลี่ยน ณ วันที่ 1 พฤษภาคม 2561 1 ดอลลาร์ สรอ. เท่ากับ 31.50 บาท  
หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.5 สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณต้นทุนสำหรับการเริ่มต้นของโครงการต่อไป

### 5.2.2 ต้นทุนด้านการดำเนินการและดูแลรักษา (Operation & Maintenance Cost)

1. ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม สำหรับการชดเชยการสูญเสียในระบบกักเก็บพลังงาน (loss ในระบบไฟฟ้า)

2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

3. เงินเดือนพนักงานที่ดูแลรักษาระบบ

### 5.2.3 ต้นทุนวงจรรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล

จากข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลเอกชนในกรุงเทพมหานคร และข้อมูลจากการจำลองระบบในโปรแกรม HOMER PRO จะสามารถคำนวณต้นทุนวงจรรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ได้ดังนี้



ตารางที่ 5.6 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A

ที่	รายการต้นทุน (โรงพยาบาล A)	ต้นทุนรวม (บาท)
1	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	102,060,000.00
2	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	3,061,800.00
3	ค่าระบบดับเพลิง	200,000.00
รวมต้นทุนของการลงทุนเริ่มต้น		105,321,800.00
4	ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ชดเชย loss ของระบบ)	290,178.95
5	เงินเดือนพนักงานดูแลระบบ	60,000.00
6	ค่าดูแลรักษาระบบ	15,000.00
รวมต้นทุนของการดำเนินการรายปี		365,178.95
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนการดำเนินงานตลอด 15 ปี		108,817,904.09
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนวงจรชีวิตระบบกักเก็บพลังงาน		214,139,704.09

หมายเหตุ. จากการสรุปโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.6 เป็นตารางที่แสดงข้อมูลวงจรอายุโดยรวมของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ซึ่งจะพบว่า ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นมีมูลค่าเท่ากับ 105,321,800.00 บาทนั้น จะคิดเป็นร้อยละ 49.18 ของต้นทุนวงจรชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนต้นทุนสำหรับการดำเนินงานนั้นมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 108,817,904.09 บาท จะคิดเป็นร้อยละ 50.82 ของต้นทุนวงจรชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ตารางที่ 5.7 ต้นทุนวงจรอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B

ที่	รายการต้นทุน (โรงพยาบาล B)	ต้นทุนรวม (บาท)
1	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	76,545,000.00
2	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	2,296,350.00
3	ค่าระบบดับเพลิง	150,000.00
รวมต้นทุนของการลงทุนเริ่มต้น		78,991,350.00
4	ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ชดเชย loss ของระบบ)	150,740.01
5	เงินเดือนพนักงานดูแลระบบ	60,000.00
6	ค่าดูแลรักษาระบบ	15,000.00
รวมต้นทุนของการดำเนินการรายปี		225,740.01
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนการดำเนินงานตลอด 15 ปี (อัตราคิดลด ร้อยละ 6.93)		81,169,653.90
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนวงจรชีวิตระบบกักเก็บพลังงาน		160,161,003.90

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.7 เป็นตารางที่แสดงข้อมูลวงจรวางอายุโดยรวมของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ซึ่งจะพบว่า ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นมีมูลค่าเท่ากับ 78,991,350.00 บาทนั้น จะคิดเป็นร้อยละ 49.32 ของต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนต้นทุนสำหรับการดำเนินงานนั้นมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 81,169,653.90 บาท จะคิดเป็นร้อยละ 50.68 ของต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

ตารางที่ 5.8 ต้นทุนวงจรวางอายุของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C

ที่	รายการต้นทุน (โรงพยาบาล C)	ต้นทุนรวม (บาท)
1	ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	66,339,000.00
2	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	1,990,170.00
3	ค่าระบบดับเพลิง	130,000.00
รวมต้นทุนของการลงทุนเริ่มต้น		68,459,170.00
4	ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ชดเชย loss ของระบบ)	132,782.86
5	เงินเดือนพนักงานดูแลระบบ	60,000.00
6	ค่าดูแลรักษาระบบ	15,000.00
รวมต้นทุนของการดำเนินการรายปี		207,782.86
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนการดำเนินงานตลอด 15 ปี (อัตราคิดลด ร้อยละ 6.93)		70,467,765.69
มูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนวงจรวางชีวิตระบบกักเก็บพลังงาน		138,926,935.69

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.8 เป็นตารางที่แสดงข้อมูลวงจรวางอายุโดยรวมของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ซึ่งจะพบว่า ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นมีมูลค่าเท่ากับ 68,459,170.00 บาทนั้น จะคิดเป็นร้อยละ 49.28 ของต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนต้นทุนสำหรับการดำเนินงานนั้นมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 70,467,765.69 บาท จะคิดเป็นร้อยละ 50.72 ของต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

จากตารางต้นทุนของการลงทุนในระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ของโรงพยาบาล ทั้ง 3 แห่งนั้นพบว่า ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นนั้นจะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 50.00 ของต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ส่วนต้นทุนด้านการดำเนินการตลอดวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นจะพบว่า มีประมาณร้อยละ 50.00 ของต้นทุนวงจรวางชีวิต จากข้อมูลด้านต้นทุนจะเห็นได้ว่าผู้ที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจในการลงทุนควรที่จะพิจารณาและตระหนักถึงต้นทุนวงจรวางชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นี้ก่อนตัดสินใจที่จะลงทุน และข้อมูลต้นทุนวงจรวางชีวิตนี้ผู้วิจัยจะนำไปประกอบกับการหาข้อมูลด้านผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ รวมไปถึงการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนต่อไป

### 5.3 ผลประโยชน์วงจรรายที่ได้รับจากการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า โครงการการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในโรงพยาบาลนั้นยังไม่ได้มีการคำนวณความคุ้มค่าไว้ มีแต่เพียงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานเพื่อเก็บไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนหลังคาเท่านั้น วิจัยนี้จึงศึกษาถึงประโยชน์ของระบบกักเก็บพลังงานในเรื่องของการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในระยะยาว รวมไปถึงรองรับการดำเนินการของโรงพยาบาลให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้องไม่หยุดชะงักเมื่อการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการวิเคราะห์ผลประโยชน์ตลอดวงจรชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ โดยเป็นผลประโยชน์ที่ได้รับจากการก่อสร้างระบบกักเก็บพลังงานซึ่งนำแนวคิดด้านต้นทุนค่าเสียโอกาสมาใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ 5.9 แสดงกำไรก่อนหักภาษีย้อนหลังของโรงพยาบาล จำนวน 3 แห่ง และอัตราการเจริญเติบโต

กลุ่มตัวอย่าง	กำไรก่อนหักภาษี ในปี พ.ศ. 2560 (บาท)	กำไรก่อนหัก ภาษีต่อชั่วโมง (บาท)	อัตราการ เจริญเติบโต (ร้อยละต่อปี)
โรงพยาบาล A (โรงพยาบาลเอกชน)	4,782,335,000.00	545,928.65	13.40
โรงพยาบาล B (โรงพยาบาลเอกชน)	1,388,675,000.00	158,524.54	4.92
โรงพยาบาล C (โรงพยาบาลเอกชน)	1,260,850,000.00	143,932.65	15.92

มูลค่าธุรกิจต่อชั่วโมง จากตารางที่ 5.9 สามารถคำนวณได้จาก 1 ปี มี 365 วัน คิดชั่วโมงทำงาน 24 ชั่วโมง *หมายเหตุ*. จาก ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2561.

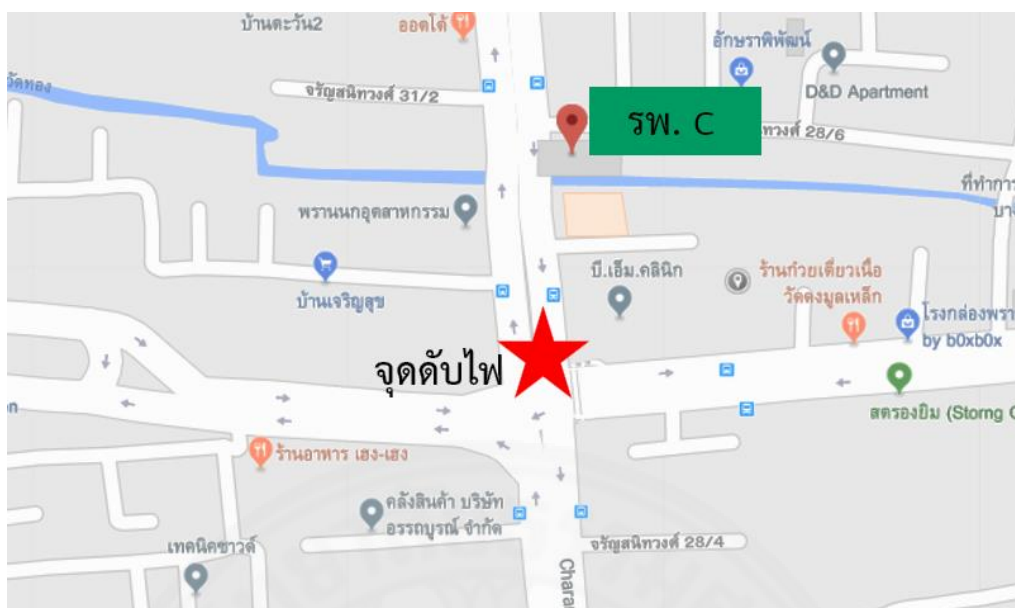
จากตารางที่ 5.9 จะนำกำไรต่อชั่วโมงไปคำนวณผลประโยชน์ที่โรงพยาบาลที่ลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานที่โรงพยาบาลจะได้รับตลอดช่วงวงจรชีวิตเป็นระยะเวลา 15 ปี จากข้อมูลของการไฟฟ้านครหลวงนั้น การดับไฟเพื่อบำรุงรักษาระบบสายไฟจำหน่ายไฟฟ้าบริเวณโรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่างจะใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 5.4 5.5 และ 5.6



ภาพที่ 5.4 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล A. ภาพจาก Google Map.



ภาพที่ 5.5 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล B. ภาพจาก Google Map.



ภาพที่ 5.6 แผนที่การดับไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาระบบของโรงพยาบาล C. ภาพจาก Google Map.

เพื่อการพัฒนาและการบำรุงรักษาระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานการไฟฟ้านครหลวงจึงจำเป็นต้องมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าชั่วคราวในบริเวณที่จะมีการปฏิบัติงาน ซึ่งในพื้นที่ที่ต้องการดับไฟฟ้าที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงพยาบาล ตัวอย่างจึงมีผลกระทบต่อโรงพยาบาลโดยตรง เนื่องจากกิจการโรงพยาบาลเป็นกิจการที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่จึงมีประโยชน์เพราะสามารถช่วยจ่ายไฟทดแทนได้

จากภาพที่ 5.4 5.5 และ 5.6 จะเห็นได้ว่าจุดที่ดับไฟอยู่ใกล้เคียงกับโรงพยาบาล ซึ่งมีระยะเวลาที่ดับเพื่อการปฏิบัติงานนั้นเท่ากับ 5 ชั่วโมง หากโรงพยาบาลดังกล่าวไม่ได้มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่แล้วเกิดเหตุการณ์ที่จะต้องถูกดับไฟฟ้าชั่วคราว ก็จะทำให้โรงพยาบาลสูญเสียรายได้ตามระยะเวลาที่ถูกดับไฟ หากโรงพยาบาลดังกล่าวมีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่แล้วนั้นก็ยังสามารถป้องกันการสูญเสียรายได้ รวมไปถึงความปลอดภัยของผู้ใช้บริการในการรับการรักษา และภาพลักษณ์ในการให้บริการของโรงพยาบาลอีกด้วย

จะสามารถหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่จะได้รับตลอดวงจรชีวิตของระบบกักเก็บพลังงานของโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่งได้ดังนี้

1. โรงพยาบาล A มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่จะได้รับเท่ากับ 130,293,450.36 บาท
2. โรงพยาบาล B มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่จะได้รับเท่ากับ 112,572,966.34 บาท
3. โรงพยาบาล C มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่จะได้รับเท่ากับ 111,905,509.71 บาท

#### 5.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล

จากข้อมูลของต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ จะสามารถนำมาทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับด้านความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ สำหรับการวิจัยนี้จะทำการคำนวณดัชนีที่ช่วยชี้วัดความคุ้มค่าทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio: B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PBP)

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาลทั้ง 3 แห่ง สามารถคำนวณความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่จากต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ของโรงพยาบาล A B และ C ตามตารางที่ 5.10 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.10 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	บาท	-3,862,179.67
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio)	-	0.96
อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)	ร้อยละ	6.44
ระยะเวลาคืนทุน (PBP)	ปี	10.59

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.10 พบว่า การคำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A นั้น พบว่า มูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ -3,862,179.67 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบแสดงว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 0.96 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าตลอดช่วงอายุของโครงการให้ผลประโยชน์ที่จะได้รับน้อยกว่าต้นทุนที่เสียไป อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) คือ ร้อยละ 6.44 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลดของโครงการ คือ ร้อยละ 6.93 หมายความว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ระยะเวลาคืนทุน (PBP) มีค่าเท่ากับ 10.59 ปี ซึ่งน้อยกว่าอายุของโครงการ แสดงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน จะเห็นได้ว่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ไม่ได้แสดงผลไปในทางเดียวกัน จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 5.11 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	บาท	-47,455,805.69
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio)	-	0.42
อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)	ร้อยละ	-4.55
ระยะเวลาคืนทุน (PBP)	ปี	มากกว่า 15

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.11 พบว่า การคำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B นั้นพบว่า มูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ -47,455,805.69 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบแสดงว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 0.42 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าตลอดช่วงอายุของโครงการให้ผลประโยชน์ที่จะได้รับน้อยกว่าต้นทุนที่เสียไป อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) คือ ร้อยละ -4.55 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลดของโครงการ คือ ร้อยละ 6.93 หมายความว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ระยะเวลาคืนทุน (PBP) มากกว่า 15 ปี (เกินอายุของแบตเตอรี่) แสดงถึงความไม่คุ้มค่าในการลงทุน จะเห็นได้ว่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ค่าต่างแสดงผลไปในทางต่างกัน จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ตารางที่ 5.12 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C

ดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
มูลค่าปัจจุบัน (NPV)	บาท	-30,358,402.73
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio)	-	0.57
อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR)	ร้อยละ	0.00
ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)	ปี	มากกว่า 15

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.12 พบว่า การคำนวณหาความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C นั้นพบว่า มูลค่าปัจจุบันของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ -30,358,402.73 บาท ซึ่งมีค่าเป็นลบแสดงว่าไม่คุ้มค่าในการลงทุน, อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) มีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าตลอดช่วงอายุของโครงการให้ผลประโยชน์ที่จะได้รับน้อยกว่าต้นทุนที่เสียไป อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) คือ ร้อยละ 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดลดของโครงการ คือ ร้อยละ 6.93 หมายความว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 15 ปี (เกินอายุของแบตเตอรี่) แสดงถึงความไม่คุ้มค่าในการลงทุน จะเห็นได้ว่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ค่าต่างแสดงผลไปในทางต่างกัน จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

## 5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ

จากหัวข้อที่ผ่านมา การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะพบว่า ไม่มีโรงพยาบาลใดเลยที่มีค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ หากแต่ตลอดอายุของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ทั้ง 15 ปีนั้น อาจจะได้รับผลกระทบจากแนวโน้มราคาของระบบกักเก็บพลังงานที่มีแนวโน้มลดลงในแต่ละปี และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น อีกทั้งอาจจะได้รับผลประโยชน์จากนโยบายจากภาครัฐ ที่ส่งเสริมการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (ช่วง Peak) รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวแต่ละกรณีนั้น จะถูกแบ่งออกเป็น 2 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่หากการไฟฟ้ามีการดับไฟเพื่อทำการบำรุงรักษา และเหตุการณ์ที่หากการไฟฟ้าไม่มีการดับไฟเพื่อทำการบำรุงรักษา ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการตามรายละเอียดต่อไปนี้



### 5.5.1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลง

Bloomberg New Energy Finance (2017) คาดการณ์ไว้ว่า ราคาของระบบกักเก็บพลังงานชนิดลิเทียมไอออน ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวิจัยนี้ นั้น จะมีแนวโน้มราคาในอนาคตที่ลดลง ซึ่งในปี ค.ศ. 2017 ผู้ผลิตในประเทศเกาหลีได้กำหนดราคาไว้ที่ 162 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์อาว และจะลดลงไปถึง 74 ดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์อาว ในปี ค.ศ. 2030 ผู้วิจัยจึงจะทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวโดยการกำหนดราคาของระบบกักเก็บพลังงานในช่วง 5,103.00 บาท/kWh ลดลงจนถึง 2,331.00 บาท/kWh ดังรายละเอียดในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 แนวโน้มราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในอนาคต

ปี ค.ศ.	ราคาของระบบกักเก็บพลังงาน (บาท/kWh)
2017	5,103.00
2018	4,725.00
2020	4,315.50
2022	3,906.00
2024	3,496.50
2026	3,118.50
2028	2,740.50
2030	2,331.00

หมายเหตุ. จาก Bloomberg New Energy Finance, 2017.

จากตารางที่ 5.13 จะได้ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.14 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล A (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-3,862,179.67	6.44	0.96	10.59
2018	4,725.00	3,924,620.33	7.45	1.04	10.04
2020	4,315.50	12,360,320.33	8.69	1.13	9.40
2022	3,906.00	20,796,020.33	10.10	1.25	8.73
2024	3,496.50	29,231,720.33	11.75	1.39	8.03
2026	3,118.50	37,018,520.33	13.55	1.54	7.34
2028	2,740.50	44,805,320.33	15.71	1.74	6.61
2030	2,331.00	53,241,020.33	18.65	2.03	5.78

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.14 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้นจะทำให้ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีความคุ้มค่ามากขึ้นหากราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลง เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำลง ซึ่งโรงพยาบาล A จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ที่ระดับราคา 4,725.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.15 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล A (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-63,679,891.76	-5.00	0.41	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-55,893,091.76	-4.17	0.45	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-47,457,391.76	-3.17	0.49	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-39,021,691.76	-2.03	0.54	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-30,585,991.76	-0.70	0.60	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-22,799,191.76	0.72	0.66	14.16
2028	2,740.50	-15,012,391.76	2.42	0.75	12.45
2030	2,331.00	-6,576,691.76	4.70	0.87	10.59

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.15 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้น จะส่งผลให้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นั้นดีขึ้น แต่แม้ว่าระดับราคาจะลดไปถึง 2,331.00 บาท/kWh ก็ยังไม่สามารถทำให้โครงการมีความคุ้มค่าได้

ตารางที่ 5.16 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล B (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-47,455,805.69	-4.55	0.42	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-41,615,705.69	-3.74	0.45	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-35,288,930.69	-2.75	0.49	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-28,962,155.69	-1.63	0.54	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-22,635,380.69	-0.34	0.60	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-16,795,280.69	1.05	0.67	13.89
2028	2,740.50	-10,955,180.69	2.71	0.75	12.36
2030	2,331.00	-4,628,405.69	4.92	0.88	10.66

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.16 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้น สำหรับโรงพยาบาล B โครงการจะไม่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาถึง 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.17 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล B (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-57,224,305.06	-8.63	0.30	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-51,384,205.06	-7.89	0.32	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-45,057,430.06	-7.00	0.35	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-38,730,655.06	-5.99	0.38	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-32,403,880.06	-4.83	0.42	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-26,563,780.06	-3.59	0.47	มากกว่า 15
2028	2,740.50	-20,723,680.06	-2.12	0.54	มากกว่า 15
2030	2,331.00	-14,396,905.06	-0.18	0.62	มากกว่า 15

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.17 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้น สำหรับโรงพยาบาล B ยังไม่มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาจะลดลงมาถึง 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล C (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-30,358,402.73	0.00	0.57	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-25,296,982.73	0.83	0.61	14.35
2020	4,315.50	-19,813,777.73	1.83	0.67	13.61
2022	3,906.00	-14,330,572.73	2.97	0.74	12.81
2024	3,496.50	-8,847,367.73	4.29	0.82	11.93
2026	3,118.50	-3,785,947.73	5.70	0.91	11.05
2028	2,740.50	1,275,472.27	7.38	1.03	10.09
2030	2,331.00	6,758,677.27	9.62	1.20	8.96

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.18 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้น สำหรับโรงพยาบาล C จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาเท่ากับ 2,740.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.19 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงของโรงพยาบาล C (หากไม่มีการดับไฟ)

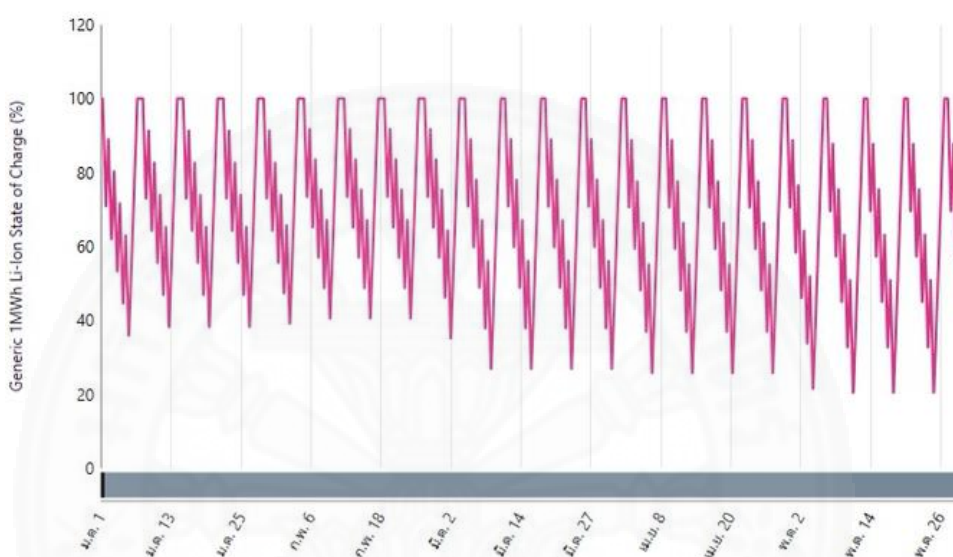
ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-49,222,262.89	-8.44	0.30	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-44,160,842.89	-7.70	0.32	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-38,677,637.89	-6.81	0.35	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-33,194,432.89	-5.79	0.39	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-27,711,227.89	-4.62	0.43	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-22,649,807.89	-3.37	0.48	มากกว่า 15
2028	2,740.50	-17,588,387.89	-1.89	0.55	มากกว่า 15
2030	2,331.00	-12,105,182.89	0.07	0.64	14.92

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.19 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ลดลงนั้น สำหรับโรงพยาบาล C ยังไม่มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาจะลดลงมาถึง 2,331.00 บาท/kWh

### 5.5.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีขึ้น

งานวิจัยนี้ต้องการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานที่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้ครอบคลุมการใช้ไฟฟ้าตลอดช่วง Peak (13 ชั่วโมง) แต่เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานของงานวิจัยนี้ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้สามารถประจุไฟฟ้าเข้าได้เต็มภายในระยะเวลาของช่วง Off peak (11 ชั่วโมง) ดังนั้นจึงต้องติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในปริมาณมากเพื่อให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ตลอด 13 ชั่วโมงในช่วง Peak ของวันถัดไป ดังรายละเอียดตามภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 สถานะของการประจุไฟฟ้าเข้าสู่ระบบกักเก็บพลังงานจากการจำลองระบบด้วยโปรแกรม Homer Pro. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

หากในอนาคตระบบกักเก็บพลังงานมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำมาคำนวณหาความอ่อนไหวของโครงการหากประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 จะได้ผลดังต่อไปนี้



ตารางที่ 5.20 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล A (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	22,418,270.33	10.40	1.27	8.60
2018	4,725.00	28,258,370.33	11.54	1.37	8.11
2020	4,315.50	34,585,145.33	12.95	1.49	7.55
2022	3,906.00	40,911,920.33	14.58	1.64	6.99
2024	3,496.50	47,238,695.33	16.49	1.82	6.38
2026	3,118.50	53,078,795.33	18.59	2.02	5.80
2028	2,740.50	58,918,895.33	21.15	2.28	5.20
2030	2,331.00	65,245,670.33	24.67	2.64	4.51

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.20 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 5,103.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.21 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล A (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-37,399,441.76	-1.79	0.55	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-31,559,341.76	-0.87	0.59	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-25,232,566.76	0.25	0.64	14.70
2022	3,906.00	-18,905,791.76	1.53	0.70	13.31
2024	3,496.50	-12,579,016.76	3.03	0.78	11.91
2026	3,118.50	-6,738,916.76	4.65	0.87	10.62
2028	2,740.50	-898,816.76	6.59	0.98	9.34
2030	2,331.00	5,427,958.24	9.23	1.14	7.95

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.21 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.22 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล B (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-27,745,468.19	-1.40	0.55	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-23,365,393.19	-0.50	0.59	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-18,620,311.94	0.59	0.64	14.36
2022	3,906.00	-13,875,230.69	1.84	0.71	13.13
2024	3,496.50	-9,130,149.44	3.29	0.79	11.88
2026	3,118.50	-4,750,074.44	4.87	0.88	10.69
2028	2,740.50	-369,999.44	6.75	0.99	9.49
2030	2,331.00	4,375,081.81	9.29	1.15	8.15

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.22 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.23 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีซี 25 ของโรงพยาบาล B (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคากระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-37,513,967.56	-5.78	0.39	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-33,133,892.56	-4.97	0.42	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-28,388,811.31	-4.00	0.46	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-23,643,730.06	-2.89	0.50	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-18,898,648.81	-1.60	0.56	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-14,518,573.81	-0.22	0.62	มากกว่า 15
2028	2,740.50	-10,138,498.81	1.42	0.70	13.41
2030	2,331.00	-5,393,417.56	3.62	0.82	11.41

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.23 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีซี 25 ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มีควมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.24 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล C (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-13,276,110.23	3.21	0.75	12.64
2018	4,725.00	-9,480,045.23	4.12	0.81	12.04
2020	4,315.50	-5,367,641.48	5.24	0.88	11.33
2022	3,906.00	-1,255,237.73	6.50	0.97	10.58
2024	3,496.50	2,857,166.02	7.98	1.08	9.77
2026	3,118.50	6,653,231.02	9.57	1.20	8.98
2028	2,740.50	10,449,296.02	11.48	1.35	8.13
2030	2,331.00	14,561,699.77	14.04	1.57	7.14

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.24 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีขึ้นร้อยละ 25 ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 3,496.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.25 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีซี 25 ของโรงพยาบาล C (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR(ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-32,139,970.39	-5.58	0.40	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-28,343,905.39	-4.77	0.43	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-24,231,501.64	-3.78	0.47	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-20,119,097.89	-2.66	0.51	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-16,006,694.14	-1.37	0.57	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-12,210,629.14	0.02	0.64	14.97
2028	2,740.50	-8,414,564.14	1.68	0.72	13.15
2030	2,331.00	-4,302,160.39	3.90	0.83	11.19

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.25 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บดีซีซี 25 ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

### 5.5.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP

หากโครงการนี้มีการเข้าร่วมนโยบายการจัดการความต้องการการใช้ไฟฟ้า หรือ Demand Response ประเภท CPP แล้วนั้นจะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Off peak เปลี่ยนจาก 2.6295 บาท/หน่วย เป็น 1.3475 บาท/หน่วย พบว่า จะทำให้อัตราค่าไฟลดลงร้อยละ 48.75 ส่งผลให้ต้นทุนของโครงการลดลง จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ และ ด้านเศรษฐศาสตร์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.26 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล A (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	25,066,574.19	9.99	1.23	8.54
2018	4,725.00	32,853,374.19	11.17	1.33	8.03
2020	4,315.50	41,289,074.19	12.63	1.45	7.44
2022	3,906.00	49,724,774.19	14.31	1.60	6.84
2024	3,496.50	58,160,474.19	16.29	1.78	6.22
2026	3,118.50	65,947,274.19	18.48	1.99	5.62
2028	2,740.50	73,734,074.19	21.15	2.25	5.01
2030	2,331.00	82,169,774.19	24.84	2.63	4.33

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.26 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 5,103.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.27 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล A (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-34,751,137.90	1.20	0.68	13.66
2018	4,725.00	-26,964,337.90	2.21	0.73	12.64
2020	4,315.50	-18,528,637.90	3.46	0.80	11.55
2022	3,906.00	-10,092,937.90	4.89	0.88	10.45
2024	3,496.50	-1,657,237.90	6.57	0.98	9.36
2026	3,118.50	6,129,562.10	8.40	1.09	8.35
2028	2,740.50	13,916,362.10	10.62	1.24	7.34
2030	2,331.00	22,352,062.10	13.66	1.44	6.24

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.27 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับราคา 3,118.50 บาท/kWh



ตารางที่ 5.28 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล B (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-32,428,111.21	-0.26	0.60	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-26,588,011.21	0.68	0.64	14.25
2020	4,315.50	-20,261,236.21	1.83	0.70	13.11
2022	3,906.00	-13,934,461.21	3.15	0.78	11.94
2024	3,496.50	-7,607,686.21	4.69	0.86	10.75
2026	3,118.50	-1,767,586.21	6.36	0.96	9.65
2028	2,740.50	4,072,513.79	8.37	1.09	8.53
2030	2,331.00	10,399,288.79	11.10	1.28	7.30

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.28 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 2,740.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.29 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล B (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-42,196,610.58	-3.20	0.46	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-36,356,510.58	-2.33	0.51	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-30,029,735.58	-1.26	0.56	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-23,702,960.58	-0.04	0.62	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-17,376,185.58	1.37	0.69	13.47
2026	3,118.50	-11,536,085.58	2.90	0.77	12.02
2028	2,740.50	-5,695,985.58	4.74	0.87	10.56
2030	2,331.00	630,789.42	7.20	1.02	8.98

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.29 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับราคา 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.30 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล C (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-17,120,906.79	3.20	0.75	12.48
2018	4,725.00	-12,059,486.79	4.15	0.81	11.82
2020	4,315.50	-6,576,281.79	5.31	0.89	11.06
2022	3,906.00	-1,093,076.79	6.64	0.98	10.24
2024	3,496.50	4,390,128.21	8.19	1.09	9.38
2026	3,118.50	9,451,548.21	9.87	1.22	8.55
2028	2,740.50	14,512,968.21	11.89	1.38	7.67
2030	2,331.00	19,996,173.21	14.63	1.61	6.67

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.30 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 3,496.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.31 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล C (หากไม่มีการดับไฟ)

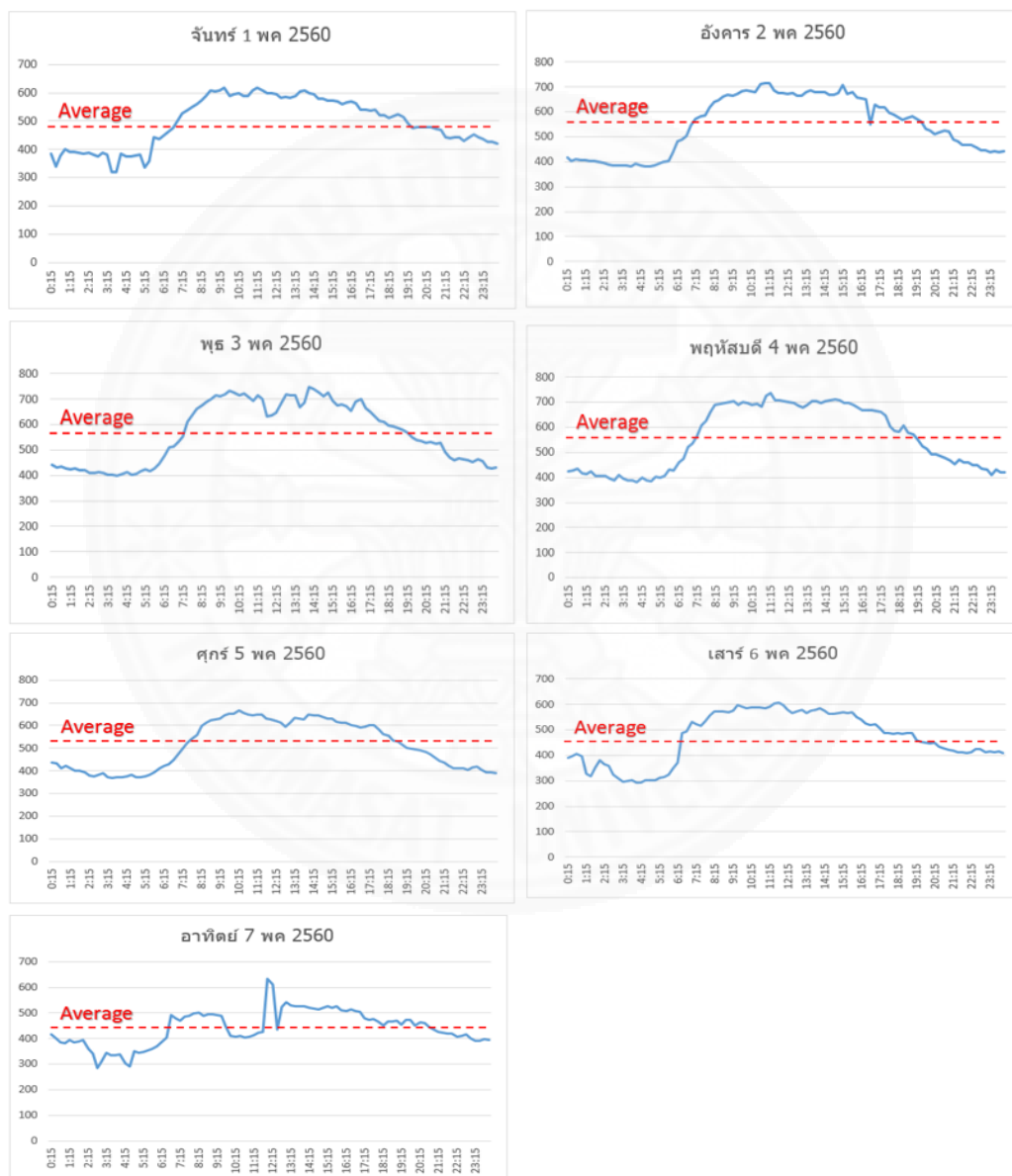
ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-35,984,766.95	-3.00	0.48	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-30,923,346.95	-2.12	0.52	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-25,440,141.95	-1.04	0.57	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-19,956,936.95	0.19	0.63	14.78
2024	3,496.50	-14,473,731.95	1.61	0.70	13.23
2026	3,118.50	-9,412,311.95	3.16	0.78	11.80
2028	2,740.50	-4,350,891.95	5.01	0.89	10.37
2030	2,331.00	1,132,313.05	7.50	1.03	8.82

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.31 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ณ ระดับราคา 2,331.00 บาท/kWh

### 5.5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ทำมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม

จากการวิเคราะห์ประวัติการใช้ไฟฟ้าของโรงพยาบาลในช่วงที่มีความต้องการสูงที่สุดของปี ในเดือนพฤษภาคมนั้น หากนำ Load Profile ทั้ง 7 วันให้เป็นกราฟแล้วนั้นจะได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5.8 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุด จำนวน 7 วัน. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากภาพที่ 5.8 จะเห็นได้ว่า ในวันที่ 3 พฤษภาคม 2560 จะเป็นวันที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจะมีช่วงของการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่มากกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ซึ่งผู้วิจัยจะนำช่วงเวลานี้กำหนดให้เป็นช่วง Peak และช่วงเวลาตั้งแต่ 19.00-07.00 น. เป็นช่วง Off peak และจากภาพที่ 5.8 นั้นจะสามารถสังเกตได้ว่า ในวันเสาร์ลักษณะการใช้ไฟฟ้าจะคล้ายกับวันธรรมดา ซึ่งจากระเบียบการคิดค่าไฟฟ้า TOU แบบปกติ นั้น วันเสาร์จะคิดเป็น Off peak ทั้งวัน แต่ในการประเมินความอ่อนไหวกรณีนี้ จะกำหนดให้วันเสาร์ มีการคิดค่าไฟออกเป็น 2 ช่วงเช่นเดียวกับวันธรรมดา เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 5.32 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล A (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	2,601,860.02	7.26	1.02	10.09
2018	4,725.00	10,388,660.02	8.30	1.10	9.53
2020	4,315.50	18,824,360.02	9.58	1.20	8.91
2022	3,906.00	27,260,060.02	11.06	1.32	8.25
2024	3,496.50	35,695,760.02	12.78	1.47	7.56
2026	3,118.50	43,482,560.02	14.66	1.63	6.89
2028	2,740.50	51,269,360.02	16.94	1.84	6.19
2030	2,331.00	59,705,060.02	20.04	2.14	5.39

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.32 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 5,103.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.33 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล A (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-57,215,852.07	-3.42	0.48	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-49,429,052.07	-2.55	0.51	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-40,993,352.07	-1.50	0.56	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-32,557,652.07	-0.29	0.62	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-24,121,952.07	1.11	0.68	13.74
2026	3,118.50	-16,335,152.07	2.63	0.76	12.25
2028	2,740.50	-8,548,352.07	4.45	0.86	10.77
2030	2,331.00	-112,652.07	6.89	1.00	9.16

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.33 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มีควมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.34 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล B (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-44,108,626.51	-3.51	0.46	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-38,268,526.51	-2.67	0.49	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-31,941,751.51	-1.64	0.54	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-25,614,976.51	-0.48	0.59	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-19,288,201.51	0.87	0.66	14.07
2026	3,118.50	-13,448,101.51	2.33	0.74	12.68
2028	2,740.50	-7,608,001.51	4.06	0.83	11.26
2030	2,331.00	-1,281,226.51	6.38	0.97	9.69

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.34 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh



ตารางที่ 5.35 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล B (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-53,877,125.88	-7.24	0.34	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-48,037,025.88	-6.47	0.36	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-41,710,250.88	-5.54	0.40	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-35,383,475.88	-4.48	0.44	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-29,056,700.88	-3.26	0.49	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-23,216,600.88	-1.95	0.54	มากกว่า 15
2028	2,740.50	-17,376,500.88	0.40	0.61	มากกว่า 15
2030	2,331.00	-11,049,725.88	1.66	0.71	13.18

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.35 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มีควมคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.36 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล C (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-27,393,863.16	0.74	0.61	14.40
2018	4,725.00	-22,332,443.16	1.60	0.66	13.75
2020	4,315.50	-16,849,238.16	2.64	0.72	13.01
2022	3,906.00	-11,366,033.16	3.82	0.79	12.18
2024	3,496.50	-5,882,828.16	5.19	0.88	11.30
2026	3,118.50	-821,408.16	6.67	0.98	10.41
2028	2,740.50	4,240,011.84	8.42	1.11	9.46
2030	2,331.00	9,723,216.84	10.77	1.29	8.35

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.36 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 2,740.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.37 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล C (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-46,257,723.32	-7.04	0.35	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-41,196,303.32	-6.27	0.37	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-35,713,098.32	-5.33	0.41	มากกว่า 15
2022	3,906.00	-30,229,893.32	-4.27	0.45	มากกว่า 15
2024	3,496.50	-24,746,688.32	-3.04	0.50	มากกว่า 15
2026	3,118.50	-19,685,268.32	-1.72	0.55	มากกว่า 15
2028	2,740.50	-14,623,848.32	-0.16	0.63	มากกว่า 15
2030	2,331.00	-9,140,643.32	1.92	0.73	12.92

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.37 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการยังไม่มี ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แม้ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงมาอยู่ ณ 2,331.00 บาท/kWh

จะเห็นได้ว่าการที่ปรับช่วงเวลาของอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU และ เปลี่ยนให้วันเสาร์มีการคิดค่าไฟฟ้าเช่นเดียวกับวันธรรมดานั้น จะสามารถสะท้อนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่แท้จริงของผู้ใช้ไฟฟ้าและสามารถทำให้โครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากขึ้นอีกด้วย

### 5.5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP)

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ในหัวข้อที่ 5.5.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และ ในหัวข้อที่ 5.5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์การใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้เกิดความเหมาะสม นั้นผู้วิจัยจะทำทั้งสองกรณีมารวมกัน เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการต่อไปซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.38 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล A (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	37,520,765.11	11.46	1.35	7.83
2018	4,725.00	45,307,565.11	12.72	1.45	7.33
2020	4,315.50	53,743,265.11	14.27	1.59	6.78
2022	3,906.00	62,178,965.11	16.07	1.75	6.21
2024	3,496.50	70,614,665.11	18.20	1.95	5.63
2026	3,118.50	78,401,465.11	20.56	2.17	5.08
2028	2,740.50	86,188,265.11	23.46	2.46	4.51
2030	2,331.00	94,623,965.11	27.50	2.87	3.89

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.38 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 5,103.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.39 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล B (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-25,979,139.59	1.33	0.68	13.58
2018	4,725.00	-20,139,039.59	2.33	0.73	12.63
2020	4,315.50	-13,812,264.59	3.55	0.80	11.59
2022	3,906.00	-7,485,489.59	4.96	0.88	10.55
2024	3,496.50	-1,158,714.59	6.60	0.98	9.49
2026	3,118.50	4,681,385.41	8.39	1.09	8.50
2028	2,740.50	10,521,485.41	10.56	1.24	7.50
2030	2,331.00	16,848,260.41	13.51	1.45	6.41

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.39 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 3,118.50 บาท/kWh

ตารางที่ 5.40 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล C (หากมีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากมีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-11,409,162.50	4.48	0.84	11.52
2018	4,725.00	-6,347,742.50	5.49	0.90	10.87
2020	4,315.50	-864,537.50	6.72	0.99	10.12
2022	3,906.00	4,618,667.50	8.13	1.09	9.33
2024	3,496.50	10,101,872.50	9.78	1.21	8.51
2026	3,118.50	15,163,292.50	11.58	1.35	7.72
2028	2,740.50	20,224,712.50	13.76	1.53	6.89
2030	2,331.00	25,707,917.50	16.72	1.78	5.97

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.40 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 3,906.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.41 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล A (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	NPV (บาท)
2017	5,103.00	-22,296,946.98	3.39	0.79	11.60
2018	4,725.00	-14,510,146.98	4.49	0.85	10.74
2020	4,315.50	-6,074,446.98	5.83	0.93	9.81
2022	3,906.00	2,361,253.02	7.39	1.03	8.88
2024	3,496.50	10,796,953.02	9.22	1.14	7.95
2026	3,118.50	18,583,753.02	11.23	1.28	7.09
2028	2,740.50	26,370,553.02	13.68	1.45	6.24
2030	2,331.00	34,806,253.02	17.06	1.69	5.31

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.41 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล A นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 3,906.00 บาท/kWh

ตารางที่ 5.42 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล B (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	NPV (บาท)
2017	5,103.00	-35,747,638.97	-1.33	0.56	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-29,907,538.97	-0.39	0.60	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-23,580,763.97	0.74	0.66	14.14
2022	3,906.00	-17,253,988.97	2.05	0.72	12.80
2024	3,496.50	-10,927,213.97	3.57	0.80	11.46
2026	3,118.50	-5,087,113.97	5.22	0.90	10.22
2028	2,740.50	752,986.03	7.21	1.02	8.98
2030	2,331.00	7,079,761.03	9.90	1.19	7.64

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.42 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล B นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 2,740.50 บาท/kWh



ตารางที่ 5.43 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล C (หากไม่มีการดับไฟ)

ปี ค.ศ.	ราคาระบบกักเก็บ พลังงาน (บาท/kWh)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์หากไม่มีการดับไฟ			
		NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
2017	5,103.00	-30,273,022.66	-1.10	0.57	มากกว่า 15
2018	4,725.00	-25,211,602.66	-0.16	0.61	มากกว่า 15
2020	4,315.50	-19,728,397.66	0.98	0.67	13.88
2022	3,906.00	-14,245,192.66	2.30	0.74	12.56
2024	3,496.50	-8,761,987.66	3.83	0.82	11.24
2026	3,118.50	-3,700,567.66	5.50	0.91	10.03
2028	2,740.50	1,360,852.34	7.51	1.04	8.81
2030	2,331.00	6,844,057.34	10.23	1.21	7.50

หมายเหตุ. จากการสรุปของผู้วิจัย.

จากตารางที่ 5.43 จะพบว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) ของโรงพยาบาล C นั้นจะทำให้โครงการมีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ตั้งแต่ ณ ระดับราคา 2,740.50 บาท/kWh

จากผลของการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ รวมไปถึงการวิเคราะห์ความอ่อนไหวทั้ง 5 กรณี เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงได้สรุปเป็นตารางไว้รายละเอียดตามตารางที่ 5.44 5.45 และ 5.46 จะสังเกตเห็นว่าในตารางมีสัญลักษณ์สี 2 สี ซึ่งมีความหมายดังนี้ สีเขียวหมายถึง ดัชนีชีวิตนั้นมีความคุ้มค่าในการลงทุน ส่วนสีแดงหมายความว่า ดัชนีชีวิตนั้นไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยโครงการจะมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุดเมื่อค่า NPV IRR B/C Ratio และ PBP เป็นสีเขียวทั้งสองเหตุการณ์ที่มีการดับไฟและไม่มีการดับไฟจากการบำรุงรักษาระบบ

ตารางที่ 5.44 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโรงพยาบาล A

ที่	รายละเอียดแต่ละกรณี	ระดับราคาระบบ กักเก็บพลังงาน (บาท)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของโรงพยาบาล A							
			กรณีที่มีการดับไฟ				กรณีที่ไม่มีการดับไฟ			
			NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)	NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
1	กรณีฐาน	5,103.00	- 3,862,179.67	6.44	0.96	10.59	- 63,679,891.76	-5.00	0.41	> 15.00
2	ราคาระบบกักเก็บพลังงานลดลง	5,103.00	- 3,862,179.67	6.44	0.96	10.59	- 63,679,891.76	-5.00	0.41	> 15.00
		4,725.00	3,924,620.33	7.45	1.04	10.04	- 55,893,091.76	-4.17	0.45	> 15.00
		4,315.50	12,360,320.33	8.69	1.13	9.40	- 47,457,391.76	-3.17	0.49	> 15.00
		3,906.00	20,796,020.33	10.10	1.25	8.73	- 39,021,691.76	-2.03	0.54	> 15.00
		3,496.50	29,231,720.33	11.75	1.39	8.03	- 30,585,991.76	-0.70	0.60	> 15.00
		3,118.50	37,018,520.33	13.55	1.54	7.34	- 22,799,191.76	0.72	0.66	14.16
		2,740.50	44,805,320.33	15.71	1.74	6.61	- 15,012,391.76	2.42	0.75	12.45
2,331.00	53,241,020.33	18.65	2.03	5.78	- 6,576,691.76	4.70	0.87	10.59		
3	ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นร้อยละ 25	5,103.00	22,418,270.33	10.40	1.27	8.60	- 37,399,441.76	-1.79	0.55	> 15.00
		4,725.00	28,258,370.33	11.54	1.37	8.11	- 31,559,341.76	-0.87	0.59	> 15.00
		4,315.50	34,585,145.33	12.95	1.49	7.55	- 25,232,566.76	0.25	0.64	14.70
		3,906.00	40,911,920.33	14.58	1.64	6.99	- 18,905,791.76	1.53	0.70	13.31
		3,496.50	47,238,695.33	16.49	1.82	6.38	- 12,579,016.76	3.03	0.78	11.91
		3,118.50	53,078,795.33	18.59	2.02	5.80	- 6,738,916.76	4.65	0.87	10.62
		2,740.50	58,918,895.33	21.15	2.28	5.20	- 898,816.76	6.59	0.98	9.34
2,331.00	65,245,670.33	24.67	2.64	4.51	5,427,958.24	9.23	1.14	7.95		
4	ใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	25,066,574.19	9.99	1.23	8.54	- 34,751,137.90	1.20	0.68	13.66
		4,725.00	32,853,374.19	11.17	1.33	8.03	- 26,964,337.90	2.21	0.73	12.64
		4,315.50	41,289,074.19	12.63	1.45	7.44	- 18,528,637.90	3.46	0.80	11.55
		3,906.00	49,724,774.19	14.31	1.60	6.84	- 10,092,937.90	4.89	0.88	10.45
		3,496.50	58,160,474.19	16.29	1.78	6.22	- 1,657,237.90	6.57	0.98	9.36
		3,118.50	65,947,274.19	18.48	1.99	5.62	6,129,562.10	8.40	1.09	8.35
		2,740.50	73,734,074.19	21.15	2.25	5.01	13,916,362.10	10.62	1.24	7.34
2,331.00	82,169,774.19	24.84	2.63	4.33	22,352,062.10	13.66	1.44	6.24		
5	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่	5,103.00	2,601,860.02	7.26	1.02	10.09	- 57,215,852.07	-3.42	0.48	> 15.00
		4,725.00	10,388,660.02	8.30	1.10	9.53	- 49,429,052.07	-2.55	0.51	> 15.00
		4,315.50	18,824,360.02	9.58	1.20	8.91	- 40,993,352.07	-1.50	0.56	> 15.00
		3,906.00	27,260,060.02	11.06	1.32	8.25	- 32,557,652.07	-0.29	0.62	> 15.00
		3,496.50	35,695,760.02	12.78	1.47	7.56	- 24,121,952.07	1.11	0.68	13.74
		3,118.50	43,482,560.02	14.66	1.63	6.89	- 16,335,152.07	2.63	0.76	12.25
		2,740.50	51,269,360.02	16.94	1.84	6.19	- 8,548,352.07	4.45	0.86	10.77
2,331.00	59,705,060.02	20.04	2.14	5.39	- 112,652.07	6.89	1.00	9.16		
6	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่ และใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	37,520,765.11	11.46	1.35	7.83	- 22,296,946.98	3.39	0.79	11.60
		4,725.00	45,307,565.11	12.72	1.45	7.33	- 14,510,146.98	4.49	0.85	10.74
		4,315.50	53,743,265.11	14.27	1.59	6.78	- 6,074,446.98	5.83	0.93	9.81
		3,906.00	62,178,965.11	16.07	1.75	6.21	2,361,253.02	7.39	1.03	8.88
		3,496.50	70,614,665.11	18.20	1.95	5.63	10,796,953.02	9.22	1.14	7.95
		3,118.50	78,401,465.11	20.56	2.17	5.08	18,583,753.02	11.23	1.28	7.09
		2,740.50	86,188,265.11	23.46	2.46	4.51	26,370,553.02	13.68	1.45	6.24
2,331.00	94,623,965.11	27.50	2.87	3.89	34,806,253.02	17.06	1.69	5.31		

หมายเหตุ. จากการสรุปโดยผู้วิจัย

ตารางที่ 5.45 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโรงพยาบาล B

ที่	รายละเอียดแต่ละกรณี	ระดับราคาระบบ กักเก็บพลังงาน (USD)	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของโรงพยาบาล B							
			กรณีที่มีการดับไฟ				กรณีที่ไม่มีการดับไฟ			
			NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)	NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)
1	กรณีฐาน	5,103.00	- 47,455,805.69	-4.55	0.42	> 15.00	- 57,224,305.06	-8.63	0.30	> 15.00
2	ราคาบบกักเก็บพลังงานลดลง	5,103.00	- 47,455,805.69	-4.55	0.42	> 15.00	- 57,224,305.06	-8.63	0.30	> 15.00
		4,725.00	- 41,615,705.69	-3.74	0.45	> 15.00	- 51,384,205.06	-7.89	0.32	> 15.00
		4,315.50	- 35,288,930.69	-2.75	0.49	> 15.00	- 45,057,430.06	-7.00	0.35	> 15.00
		3,906.00	- 28,962,155.69	-1.63	0.54	> 15.00	- 38,730,655.06	-5.99	0.38	> 15.00
		3,496.50	- 22,635,380.69	-0.34	0.60	> 15.00	- 32,403,880.06	-4.83	0.42	> 15.00
		3,118.50	- 16,795,280.69	1.05	0.67	13.89	- 26,563,780.06	-3.59	0.47	> 15.00
		2,740.50	- 10,955,180.69	2.71	0.75	12.36	- 20,723,680.06	-2.12	0.54	> 15.00
2,331.00	- 4,628,405.69	4.92	0.88	10.66	- 14,396,905.06	-0.18	0.62	> 15.00		
3	ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นร้อยละ 25	5,103.00	- 27,745,468.19	-1.40	0.55	> 15.00	- 37,513,967.56	-5.78	0.39	> 15.00
		4,725.00	- 23,365,393.19	-0.50	0.59	> 15.00	- 33,133,892.56	-4.97	0.42	> 15.00
		4,315.50	- 18,620,311.94	0.59	0.64	14.36	- 28,388,811.31	-4.00	0.46	> 15.00
		3,906.00	- 13,875,230.69	1.84	0.71	13.13	- 23,643,730.06	-2.89	0.50	> 15.00
		3,496.50	- 9,130,149.44	3.29	0.79	11.88	- 18,898,648.81	-1.60	0.56	> 15.00
		3,118.50	- 4,750,074.44	4.87	0.88	10.69	- 14,518,573.81	-0.22	0.62	> 15.00
		2,740.50	- 369,999.44	6.75	0.99	9.49	- 10,138,498.81	1.42	0.70	13.41
2,331.00	4,375,081.81	9.29	1.15	8.15	- 5,393,417.56	3.62	0.82	11.41		
4	ใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	- 32,428,111.21	-0.26	0.60	> 15.00	- 42,196,610.58	-3.20	0.48	> 15.00
		4,725.00	- 26,588,011.21	0.68	0.64	14.25	- 36,356,510.58	-2.33	0.51	> 15.00
		4,315.50	- 20,261,236.21	1.83	0.70	13.11	- 30,029,735.58	-1.26	0.56	> 15.00
		3,906.00	- 13,934,461.21	3.15	0.78	11.94	- 23,702,960.58	-0.04	0.62	> 15.00
		3,496.50	- 7,607,686.21	4.69	0.86	10.75	- 17,376,185.58	1.37	0.69	13.47
		3,118.50	- 1,767,586.21	6.36	0.96	9.65	- 11,536,085.58	2.90	0.77	12.02
		2,740.50	4,072,513.79	8.37	1.09	8.53	- 5,695,985.58	4.74	0.87	10.56
2,331.00	10,399,288.79	11.10	1.28	7.30	630,789.42	7.20	1.02	8.98		
5	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่	5,103.00	- 44,108,626.51	-3.51	0.46	> 15.00	- 53,877,125.88	-7.24	0.34	> 15.00
		4,725.00	- 38,268,526.51	-2.67	0.49	> 15.00	- 48,037,025.88	-6.47	0.36	> 15.00
		4,315.50	- 31,941,751.51	-1.64	0.54	> 15.00	- 41,710,250.88	-5.54	0.40	> 15.00
		3,906.00	- 25,614,976.51	-0.48	0.59	> 15.00	- 35,383,475.88	-4.48	0.44	> 15.00
		3,496.50	- 19,288,201.51	0.87	0.66	14.07	- 29,056,700.88	-3.26	0.49	> 15.00
		3,118.50	- 13,448,101.51	2.33	0.74	12.68	- 23,216,600.88	-1.95	0.54	> 15.00
		2,740.50	- 7,608,001.51	4.06	0.83	11.26	- 17,376,500.88	-0.40	0.61	> 15.00
2,331.00	- 1,281,226.51	6.38	0.97	9.69	- 11,049,725.88	1.66	0.71	13.18		
6	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่ และใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	- 25,979,139.59	1.33	0.68	13.58	- 35,747,638.97	-1.33	0.56	> 15.00
		4,725.00	- 20,139,039.59	2.33	0.73	12.63	- 29,907,538.97	-0.39	0.60	> 15.00
		4,315.50	- 13,812,264.59	3.55	0.80	11.59	- 23,580,763.97	0.74	0.66	14.14
		3,906.00	- 7,485,489.59	4.96	0.88	10.55	- 17,253,988.97	2.05	0.72	12.80
		3,496.50	- 1,158,714.59	6.60	0.98	9.49	- 10,927,213.97	3.57	0.80	11.46
		3,118.50	4,681,385.41	8.39	1.09	8.50	- 5,087,113.97	5.22	0.90	10.22
		2,740.50	10,521,485.41	10.56	1.24	7.50	752,986.03	7.21	1.02	8.98
2,331.00	16,848,260.41	13.51	1.45	6.41	7,079,761.03	9.90	1.19	7.64		

หมายเหตุ. จากการสรุปโดยผู้วิจัย

ตารางที่ 5.46 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโรงพยาบาล C

ที่	รายละเอียดแต่ละกรณี	ระดับราคา ระบบกักเก็บ	ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของโรงพยาบาล C								
			กรณีที่มีการดับไฟ				กรณีที่ไม่มีการดับไฟ				
			NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)	NPV (บาท)	IRR (ร้อยละ)	B/C Ratio	PBP (ปี)	
1	กรณีฐาน	5,103.00	-30,358,402.73	0.00	0.57	> 15.00	-	49,222,262.89	-8.44	0.30	> 15.00
2	ราคากระบบกักเก็บพลังงานลดลง	5,103.00	-30,358,402.73	0.00	0.57	> 15.00	-	49,222,262.89	-8.44	0.30	> 15.00
		4,725.00	-25,296,982.73	0.83	0.61	14.35	-	44,160,842.89	-7.70	0.32	> 15.00
		4,315.50	-19,813,777.73	1.83	0.67	13.61	-	38,677,637.89	-6.81	0.35	> 15.00
		3,906.00	-14,330,572.73	2.97	0.74	12.81	-	33,194,432.89	-5.79	0.39	> 15.00
		3,496.50	-8,847,367.73	4.29	0.82	11.93	-	27,711,227.89	-4.62	0.43	> 15.00
		3,118.50	-3,785,947.73	5.70	0.91	11.05	-	22,649,807.89	-3.37	0.48	> 15.00
		2,740.50	1,275,472.27	7.38	1.03	10.09	-	17,588,387.89	-1.89	0.55	> 15.00
2,331.00	6,758,677.27	9.62	1.20	8.96	-	12,105,182.89	0.07	0.64	14.92		
3	ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้นร้อยละ 25	5,103.00	-13,276,110.23	3.21	0.75	12.64	-	32,139,970.39	-5.58	0.40	> 15.00
		4,725.00	-9,480,045.23	4.12	0.81	12.04	-	28,343,905.39	-4.77	0.43	> 15.00
		4,315.50	-5,367,641.48	5.24	0.88	11.33	-	24,231,501.64	-3.78	0.47	> 15.00
		3,906.00	-1,255,237.73	6.50	0.97	10.58	-	20,119,097.89	-2.66	0.51	> 15.00
		3,496.50	2,857,166.02	7.98	1.08	9.77	-	16,006,694.14	-1.37	0.57	> 15.00
		3,118.50	6,653,231.02	9.57	1.20	8.98	-	12,210,629.14	0.02	0.64	14.97
		2,740.50	10,449,296.02	11.48	1.35	8.13	-	8,414,564.14	1.68	0.72	13.15
2,331.00	14,561,699.77	14.04	1.57	7.14	-	4,302,160.39	3.90	0.83	11.19		
4	ใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	-17,120,906.79	3.20	0.75	12.48	-	35,984,766.95	-3.00	0.48	> 15.00
		4,725.00	-12,059,486.79	4.15	0.81	11.82	-	30,923,346.95	-2.12	0.52	> 15.00
		4,315.50	-6,576,281.79	5.31	0.89	11.06	-	25,440,141.95	-1.04	0.57	> 15.00
		3,906.00	-1,093,076.79	6.64	0.98	10.24	-	19,956,936.95	0.19	0.63	14.78
		3,496.50	4,390,128.21	8.19	1.09	9.38	-	14,473,731.95	1.61	0.70	13.23
		3,118.50	9,451,548.21	9.87	1.22	8.55	-	9,412,311.95	3.16	0.78	11.80
		2,740.50	14,512,968.21	11.89	1.38	7.67	-	4,350,891.95	5.01	0.89	10.37
2,331.00	19,996,173.21	14.63	1.61	6.67	-	1,132,313.05	7.50	1.03	8.82		
5	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่	5,103.00	-27,393,863.16	0.74	0.61	14.40	-	46,257,723.32	-7.04	0.35	> 15.00
		4,725.00	-22,332,443.16	1.60	0.66	13.75	-	41,196,303.32	-6.27	0.37	> 15.00
		4,315.50	-16,849,238.16	2.64	0.72	13.01	-	35,713,098.32	-5.33	0.41	> 15.00
		3,906.00	-11,366,033.16	3.82	0.79	12.18	-	30,229,893.32	-4.27	0.45	> 15.00
		3,496.50	-5,882,828.16	5.19	0.88	11.30	-	24,746,688.32	-3.04	0.50	> 15.00
		3,118.50	-821,408.16	6.67	0.98	10.41	-	19,685,268.32	-1.72	0.55	> 15.00
		2,740.50	4,240,011.84	8.42	1.11	9.46	-	14,623,848.32	-0.16	0.63	> 15.00
2,331.00	9,723,216.84	10.77	1.29	8.35	-	9,140,643.32	1.92	0.73	12.92		
6	กำหนดช่วงเวลา TOU ใหม่ และใช้นโยบาย Demand Response ประเภท CPP	5,103.00	-11,409,162.50	4.48	0.84	11.52	-	30,273,022.66	-1.10	0.57	> 15.00
		4,725.00	-6,347,742.50	5.49	0.90	10.87	-	25,211,602.66	-0.16	0.61	> 15.00
		4,315.50	-864,537.50	6.72	0.99	10.12	-	19,728,397.66	0.98	0.67	13.88
		3,906.00	4,618,667.50	8.13	1.09	9.33	-	14,245,192.66	2.30	0.74	12.56
		3,496.50	10,101,872.50	9.78	1.21	8.51	-	8,761,987.66	3.83	0.82	11.24
		3,118.50	15,163,292.50	11.58	1.35	7.72	-	3,700,567.66	5.50	0.91	10.03
		2,740.50	20,224,712.50	13.76	1.53	6.89	-	1,360,852.34	7.51	1.04	8.81
2,331.00	25,707,917.50	16.72	1.78	5.97	-	6,844,057.34	10.23	1.21	7.50		

หมายเหตุ. จากการสรุปโดยผู้วิจัย

## 5.6 การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล

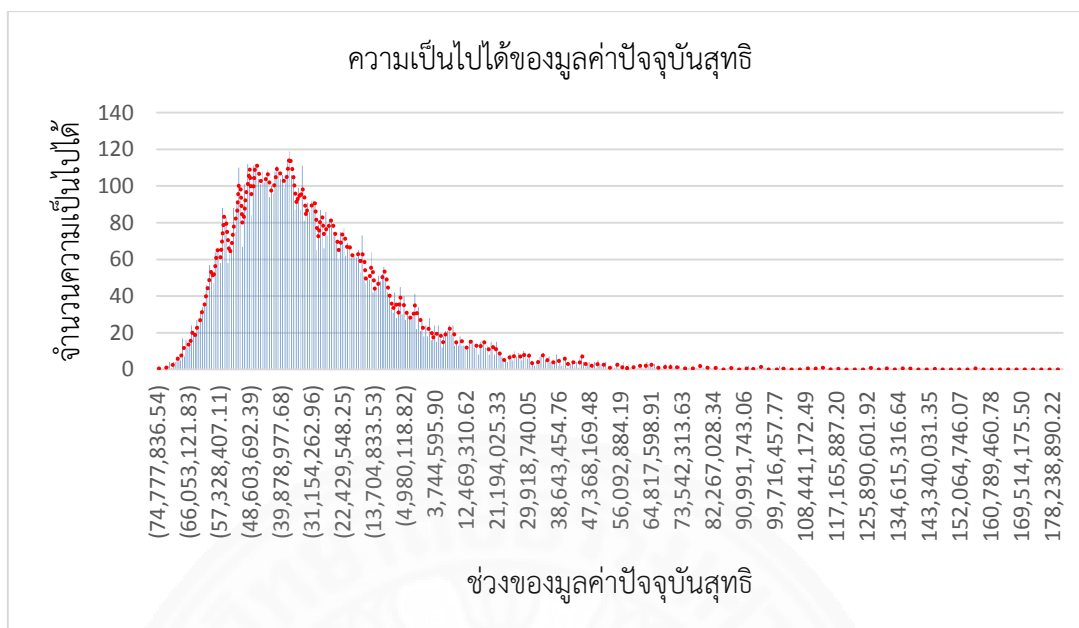
การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลในการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราความผันผวนของการเจริญเติบโตของกำไรก่อนหักภาษีของแต่ละโรงพยาบาล โดยทำการสุ่มแบบจำลอง 10,000 ครั้ง โดยให้อัตราความผันผวนของการเจริญเติบโตของกำไรก่อนหักภาษีของโรงพยาบาลที่ศึกษาตลอดวงจรอายุของโครงการระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ 15 ปี ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Distribution Function)

ในการศึกษานี้ได้ทำการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ดังนี้ จำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาลกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ จำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาลกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ จำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาลกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ จำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาลกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ ซึ่งสามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์ทั้ง 4 สถานการณ์ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.47 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 29,597,703.95
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	25,011,814.90
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	10.70
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	89.30
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 74,777,836.54
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	181,318,201.29

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



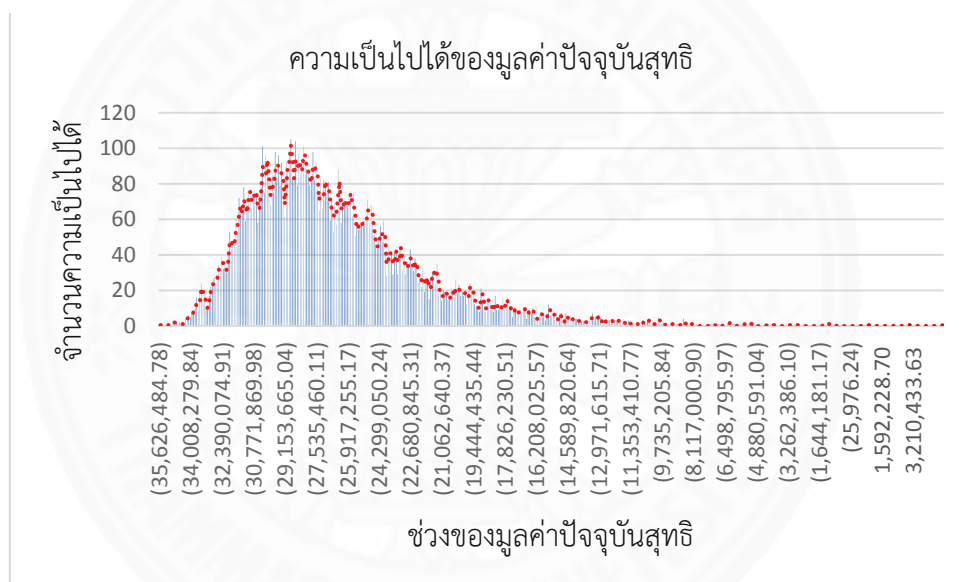
ภาพที่ 5.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.47 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 89.30 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 10.70 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 10.70 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 89.30

ตารางที่ 5.48 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และ มีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 26,620,243.34
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	4,508,457.33
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	0.03
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	99.97
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 35,626,484.78
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	4,747,728.32

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



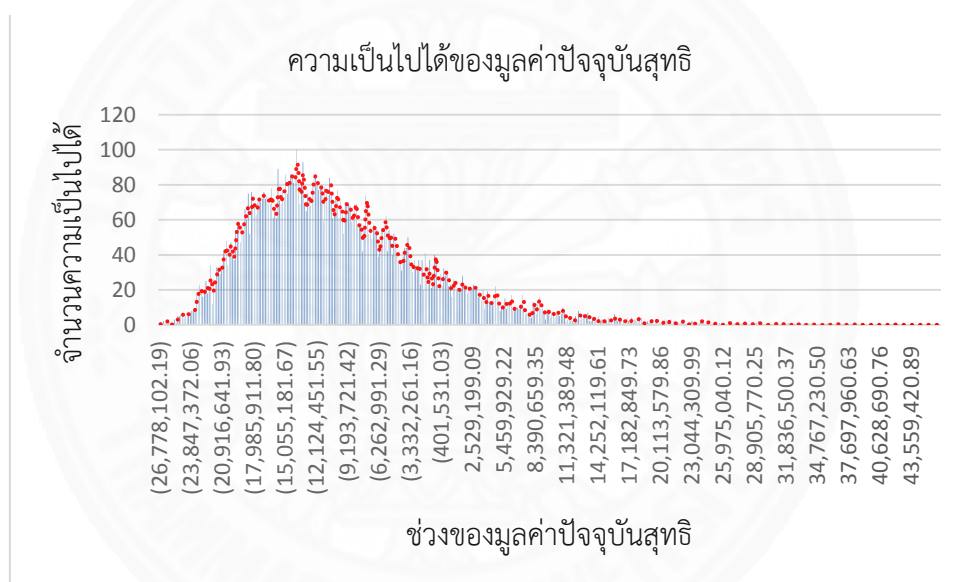
ภาพที่ 5.10 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.48 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 99.97 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 0.03 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 0.03 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 99.97

ตารางที่ 5.49 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และ มีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 9,775,515.16
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	8,632,647.84
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	12.62
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	87.38
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 26,778,102.19
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	46,343,614.51

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.11 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

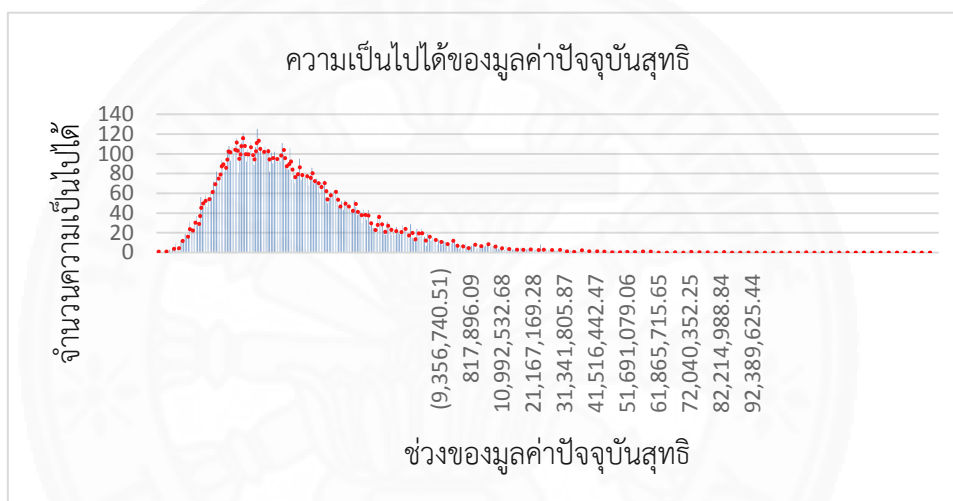
จากข้อมูลในตารางที่ 5.49 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 87.38 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 12.62 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่ประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้น ร้อยละ 25 และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 12.62 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 87.38



ตารางที่ 5.50 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 55,972,616.30
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	24,500,139.64
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	3.34
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	96.66
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 100,928,469.86
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	152,928,713.17

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



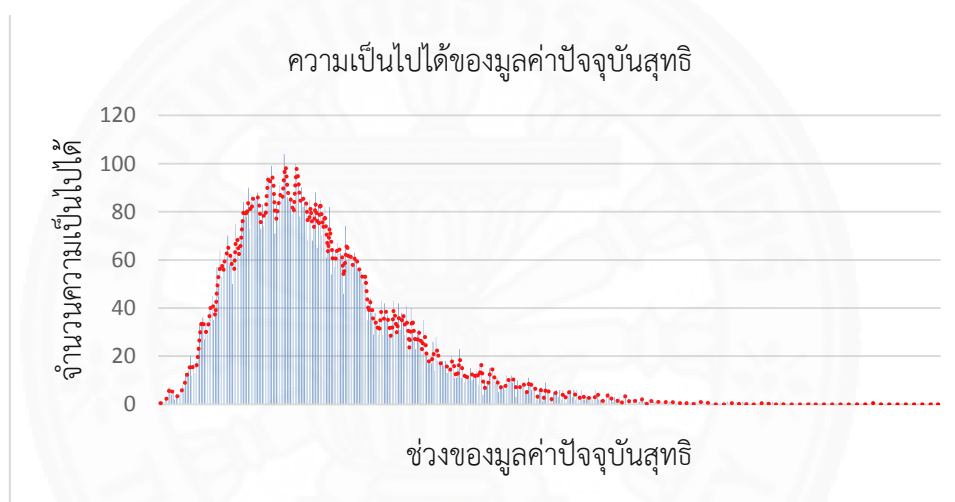
ภาพที่ 5.12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.50 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 96.66 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 3.34 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 3.34 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 96.66

ตารางที่ 5.51 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 46,361,551.29
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	4,490,222.92
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	0.00
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	100.00
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 54,701,469.56
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 14,192,172.26

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



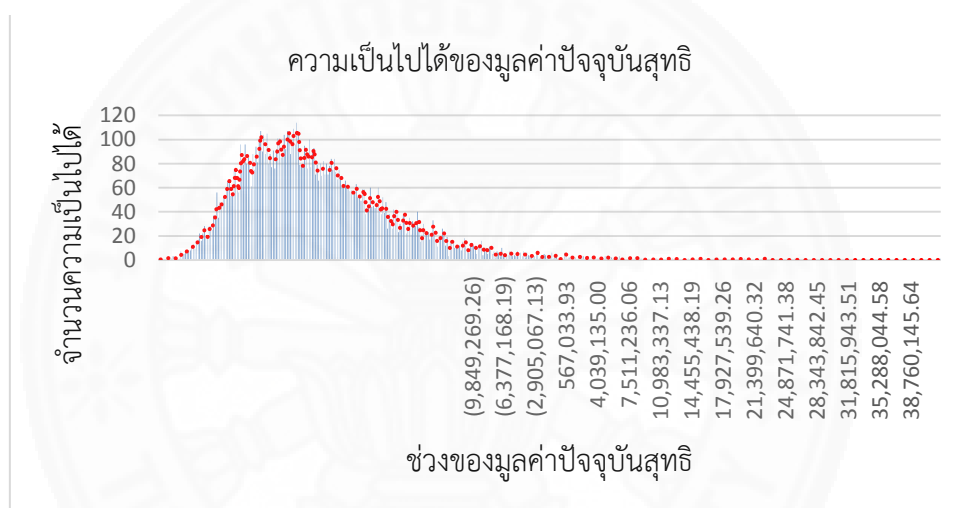
ภาพที่ 5.13 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.51 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 100.00 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 0.00 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 0.00 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 100.00

ตารางที่ 5.52 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 27,064,624.75
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	8,533,224.75
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	1.03
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	98.97
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 44,570,279.90
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	42,058,641.65

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



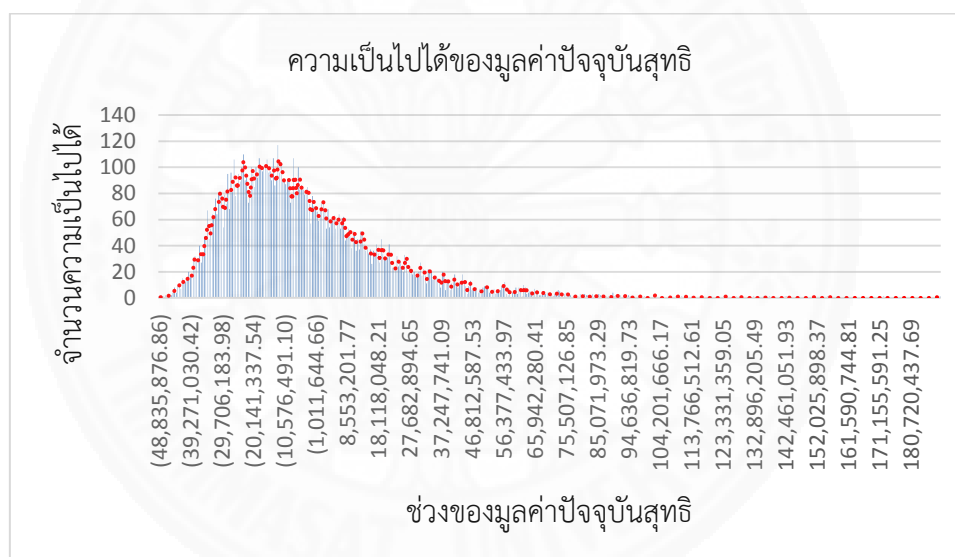
ภาพที่ 5.14 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.52 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 98.97 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 1.03 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่เข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 1.03 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 98.97

ตารางที่ 5.53 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่า ไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 4,813,720.85
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	24,419,914.02
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	34.09
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	65.91
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 48,835,876.86
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	189,807,041.80

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.15 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่า ไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

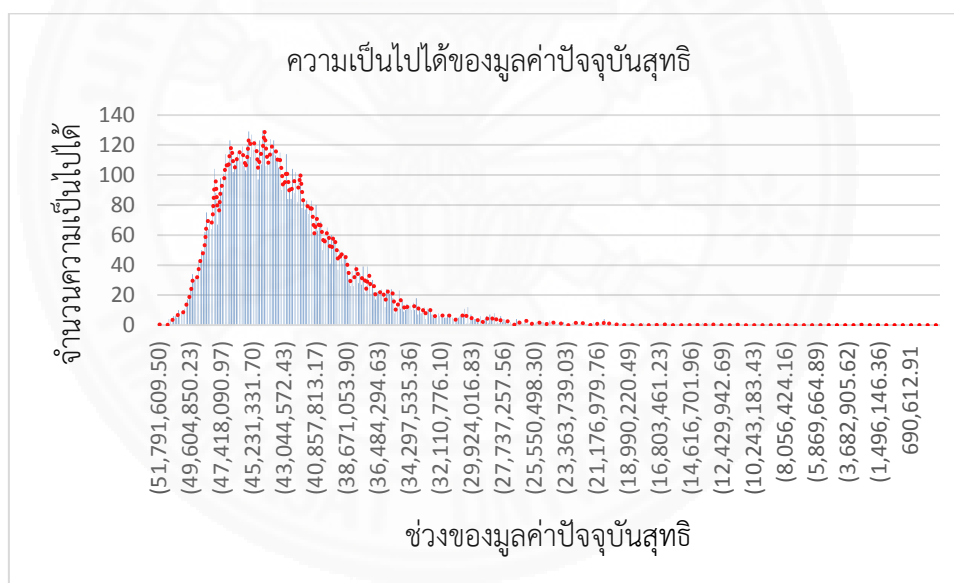
จากข้อมูลในตารางที่ 5.53 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 65.91 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 34.09 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดย แบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีหากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณ

ราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 34.09 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 65.91

ตารางที่ 5.54 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 43,031,731.87
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	4,536,985.71
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	0.01
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	99.99
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 51,791,609.50

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.16 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

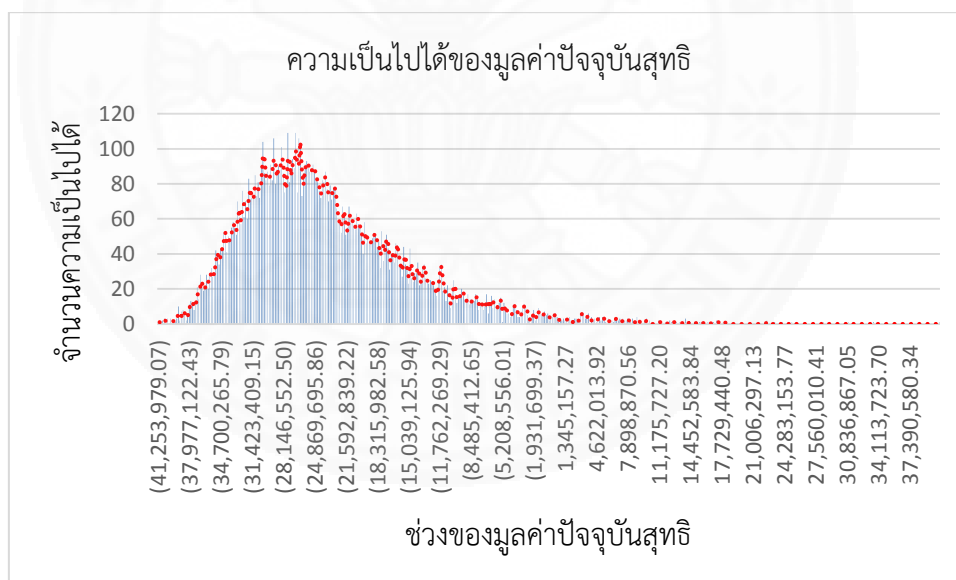
จากข้อมูลในตารางที่ 5.54 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 99.99 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 0.01 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดย

แบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีหากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ร้อยละ 0.01 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 99.99

ตารางที่ 5.55 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 23,724,877.06
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	8,801,426.83
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	1.85
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	98.15
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 41,253,979.07
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	40,503,594.15

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.17 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

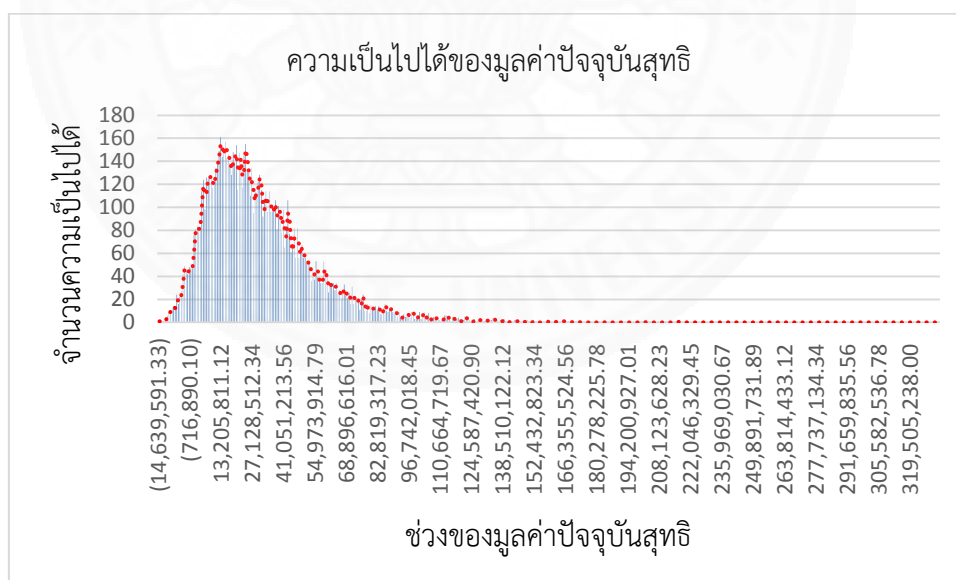
จากข้อมูลในตารางที่ 5.55 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ความเป็นไปได้ที่

โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 98.15 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 1.85 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีหากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ร้อยละ 1.85 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 98.15

ตารางที่ 5.56 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	30,458,085.41
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	24,820,764.22
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	95.68
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	4.32
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 14,639,591.33
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	332,731,804.17

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.18 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

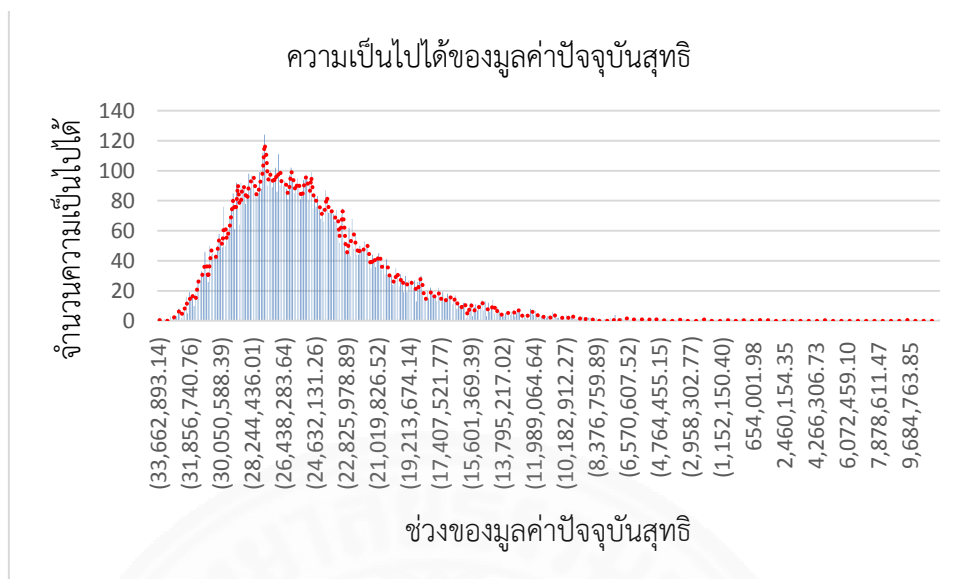
จากข้อมูลในตารางที่ 5.56 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 4.32 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 95.68 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล A ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีนี้ที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 95.68 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 4.32

ตารางที่ 5.57 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 24,921,357.70
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	4,425,960.50
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	0.07
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	99.93
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 33,662,893.14
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	11,400,608.60

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.





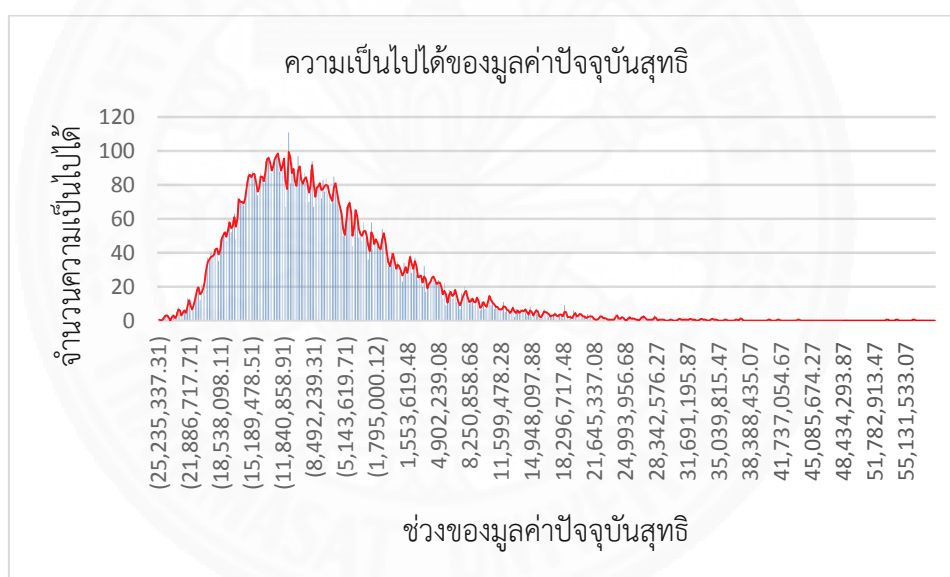
ภาพที่ 5.19 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการจำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.57 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 99.93 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 0.07 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล B ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 0.07 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 99.93

ตารางที่ 5.58 ผลสรุปการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบ กักเก็บพลังงานในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่า ไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ

ค่าคาดหวังเฉลี่ยของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 7,834,338.92
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บาท)	8,713,999.54
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (ร้อยละ)	16.17
ความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (ร้อยละ)	83.83
ค่าคาดหวังต่ำสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	- 25,235,337.31
ค่าคาดหวังสูงสุดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (บาท)	58,312,721.68

หมายเหตุ. จากการคำนวณโดยผู้วิจัย.



ภาพที่ 5.20 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความเป็นไปได้และช่วงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน โดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C กรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่า ไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟ. จากการ จำลองโดยผู้วิจัย.

จากข้อมูลในตารางที่ 5.58 พบว่า ภายใต้การจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลของการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ความเป็นไปได้ที่ โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบร้อยละ 83.83 และความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่า ปัจจุบันสุทธิเป็นบวกร้อยละ 16.17 จึงสามารถสรุปได้ว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดย แบตเตอรี่ในโรงพยาบาล C ภายใต้ความอ่อนไหวกรณีที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการ

คำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP และมีการดับไฟจะมีความเป็นไปได้ที่จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 16.17 แต่จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 83.83

## 5.7 บทสรุป

จากผลการศึกษาการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ในกรณีฐานพบว่าไม่มีโรงพยาบาลใดที่เกิดความคุ้มค่า เมื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวในกรณีต่าง ๆ แล้วนั้นจะพบว่า ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีหาค่าราคาของระบบกักเก็บพลังงานลดลงจะส่งผลให้โรงพยาบาล A และ C เกิดความคุ้มค่าเมื่อราคาของระบบกักเก็บพลังงานเท่ากับ 4,725.00 บาท/kWh และ 2,740.50 บาท/kWh ตามลำดับ สำหรับโรงพยาบาล B นั้นไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนแม้ระดับราคาจะลดลงไปถึง 2,331.00 บาท/kWh ก็ตาม ในกรณีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานดีขึ้นร้อยละ 25 พบว่าโรงพยาบาล A B และ C เกิดความคุ้มค่าเมื่อราคาของระบบกักเก็บพลังงานเท่ากับ 5,103.00 บาท/kWh 2,331.00 บาท/kWh และ 3,496.50 บาท/kWh ตามลำดับ ในกรณีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่ใช้ในนโยบาย Demand Response ประเภท CPP นั้นพบว่า โรงพยาบาล A B และ C เกิดความคุ้มค่าเมื่อราคาของระบบกักเก็บพลังงานเท่ากับ 5,103.00 บาท/kWh 2,740.50 บาท/kWh และ 3,496.50 บาท/kWh ตามลำดับ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาไฟฟ้า TOU ใหม่พบว่าโรงพยาบาล A และ C เกิดความคุ้มค่าเมื่อราคาของระบบกักเก็บพลังงานเท่ากับ 5,103.00 บาท/kWh และ 2,740.50 บาท/kWh ตามลำดับ สำหรับโรงพยาบาล B นั้นไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนแม้ระดับราคาจะลดลงไปถึง 2,331.00 บาท/kWh ก็ตาม และในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีหากเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาไฟฟ้า TOU ใหม่พบว่าโรงพยาบาล A B และ C เกิดความคุ้มค่าเมื่อราคาของระบบกักเก็บพลังงานเท่ากับ 5,103.00 บาท/kWh 3,118.50 บาท/kWh และ 4,315.50 บาท/kWh ตามลำดับ ปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อความคุ้มค่าของโครงการนี้คือความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูง (Peak) กับช่วงที่มีความต้องการต่ำ (Off peak) ซึ่งหากมีความแตกต่างสูงแล้วนั้นจะส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่าสูงขึ้น ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างช่วง Peak และ Off peak ของโรงพยาบาล A B และ C มีความแตกต่างเฉลี่ยร้อยละ 22.65 9.52 และ 5.43 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโรงพยาบาล A มีความแตกต่างมากที่สุดจึงส่งผลให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

เมื่อทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โลในการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราความผันผวนของอัตราการเติบโตของกำไรก่อนหักภาษีของแต่ละโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 4 สถานการณ์ สถานการณ์ที่หนึ่งคือ หากประสิทธิภาพของระบบกักเก็บพลังงานมีประสิทธิภาพดีขึ้นร้อยละ 25 พบว่าความเป็นไปได้ที่โรงพยาบาล A B และ C จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 10.70 0.03 และ 12.62 ตามลำดับ สถานการณ์ที่สองคือ หากโครงการเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP พบว่าความเป็นไปได้ที่โรงพยาบาล A B และ C จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 3.34 0.00 และ 1.03 ตามลำดับ สถานการณ์

ที่สามคือหากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาไฟฟ้า TOU พบว่าความเป็นไปได้ที่โรงพยาบาล A B และ C จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 34.09 0.01 และ 1.85 ตามลำดับ และสถานการณ์ที่สี่คือ หากเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาไฟฟ้า TOU ใหม่พบว่าความเป็นไปได้ที่โรงพยาบาล A B และ C จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 95.68 0.07 และ 16.17 ตามลำดับ

จากการศึกษาผลการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ทุกกรณีจะเห็นได้ว่าการมีนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐส่งผลต่อความคุ้มค่าสูงมาก สามารถช่วยเพิ่มความคุ้มค่าของโครงการได้ ซึ่งนโยบาย Demand Response ประเภท CPP ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนั้นเป็นมาตรการที่ภาครัฐ ใช้เพื่อลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak ซึ่งไม่ได้เป็นนโยบายที่ออกมาเพื่อสนับสนุนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยตรง ผู้วิจัยมองว่าภาครัฐยังคงไม่มีความจำเป็นที่จะออกมาตรการที่ช่วยสนับสนุนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่สำหรับโรงพยาบาลโดยเฉพาะ เนื่องจากว่า ณ ปัจจุบันในปี พ.ศ.2561 นั้น ระบบกักเก็บพลังงานมีความเหมาะสมกับระบบอื่นมากกว่า รายละเอียดดังต่อไปนี้

ในปี พ.ศ. 2558 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้วิเคราะห์แนวทางการผสมผสานพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนานโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ซึ่งได้ศึกษากรอบนโยบายเพื่อการพัฒนา ระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อรองรับพลังงานหมุนเวียนในสัดส่วนสูง รวมถึงการนำระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้ามาใช้ร่วมด้วย เนื่องจาก ระบบไฟฟ้าของประเทศไทยมีอัตราส่วนของพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานทดแทนทั้งลมและแสงอาทิตย์นั้นจะมีความผันผวนสูง ไม่มีความเสถียร ระบบกักเก็บพลังงานจึงเข้ามามีบทบาทในการช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบไฟฟ้าได้ ระบบกักเก็บพลังงานจึงมีประโยชน์และความคุ้มค่าที่สูงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้มีโครงการสนับสนุนการศึกษาวินิจฉัยพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนให้เกิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานในด้านต่างๆ และเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยโครงการนี้มีเป้าหมายสำคัญอันได้แก่ ด้านความมั่นคง นิคมอุตสาหกรรม พลังงานทดแทนในพื้นที่ห่างไกล และยานยนต์ ทางด้านของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีเสถียรภาพมากขึ้นรองรับการเป็น Energy 4.0 ตามนโยบายของกระทรวงพลังงาน โดย กฟผ. ได้ศึกษาและเริ่มนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ในระบบไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนและสร้างความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ประกอบไปด้วย 3 โครงการ คือ โครงการในจังหวัดแม่ฮ่องสอนที่ติดตั้งร่วมกับโครงการเซลล์แสงอาทิตย์ โดยระบบกักเก็บพลังงานนี้จะทำงานร่วมกับโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ โครงการของจังหวัดชัยภูมิและโครงการของจังหวัดลพบุรีที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต สาเหตุที่เป็นพื้นที่ดังกล่าวเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในส่วนของกระทรวงพลังงานได้มีนโยบายการรับซื้อไฟฟ้าจาก SPP Hybrid Firm จำนวน 300 MW ที่ผู้เสนอขายไฟฟ้าจะต้องเสนอใช้พลังงานหมุนเวียนมากกว่าหนึ่งประเภท โดยห้ามใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า และต้องมีความเสถียรในการผลิตไฟฟ้าตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งส่วนหนึ่งก็จะต้องมีการใช้ระบบ Energy Storage Systems เข้ามาช่วย ซึ่งในวันที่ 16 ต.ค. 2560 ที่เป็นวันแรก

ของการเปิดรับข้อเสนอ มีผู้ประกอบการให้ความสนใจยื่นข้อเสนอเข้ามาถึง 541 MW นอกจากโครงการ SPP Hybrid Firm แล้วนั้นกระทรวงพลังงานเตรียมจะออกนโยบายการส่งเสริม ผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (โซลาร์รูฟท็อป) แบบเสรี และรับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินเข้า ระบบสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งหากครัวเรือนมีระบบแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงจะช่วยกักเก็บไฟฟ้าไว้ใช้ช่วงกลางคืน ส่วนช่วงกลางวันก็สามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองจากแผงโซลาร์ที่ติดตั้ง โครงการดังกล่าวเชื่อว่าจะได้รับความนิยมมากขึ้น และจะช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด(Peak)ของประเทศลงไปได้ในตัวเอง และลดการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ลงได้ซึ่งโครงการ SPP Hybrid Firm นั้นมีความสอดคล้องกับโครงการที่สนับสนุนการวิจัยของ สนพ.จึงร่วมกับ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยการสนับสนุน จากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ได้เปิดรับข้อเสนอโครงการภายใต้โครงการการศึกษา วิจัยพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage Systems) รอบที่ 2 ขึ้น ที่มุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงานที่ นำไปใช้ในบ้านอยู่อาศัย โครงการช่ายไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้า และโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งงานวิจัยจะเน้น 3 ส่วนสำคัญคือ มีประสิทธิภาพ ใช้งานได้หลากหลาย และราคาแข่งขันได้และ สามารถนำไปสู่การผลิตใช้จริงในอนาคตมีความสอดคล้องกับนโยบาย โซลาร์รูฟท็อปเสรีที่จะรับซื้อไฟฟ้าส่วนเกินเข้าระบบสายส่งไฟฟ้าได้ซึ่งหากครัวเรือนมีระบบแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงจะช่วยกักเก็บไฟฟ้าไว้ใช้ช่วงกลางคืนได้

จากสิ่งที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 จนถึงปัจจุบัน พ.ศ. 2561 จะเห็นได้ว่าระบบกักเก็บพลังงานนั้นมีบทบาทที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย จากการที่มีสัดส่วนของพลังงานทดแทนในปริมาณมาก ภาครัฐจึงมีนโยบายที่ส่งเสริมการวิจัยและสนับสนุนระบบกักเก็บพลังงานให้มีการใช้งานจริงมาตลอด ซึ่งการสนับสนุนนี้จะมีความคุ้มค่าต่อภาพรวมเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นว่าภาครัฐยังไม่มีความจำเป็นที่จะออกนโยบายเพื่อสนับสนุนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานในโรงพยาบาลโดยเฉพาะ เพราะสามารถใช้ นโยบาย Demand Response ประเภท CPP ที่ภาครัฐได้ออกนโยบายมาเพื่อส่งเสริมการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการสูง ก็จะสามารถทำให้โครงการนี้มีความคุ้มค่า และมีความน่าสนใจในการลงทุนมากขึ้น และปัจจัยที่มีความสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งก็คือการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาค่าไฟฟ้า TOU ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานไฟฟ้าจริงที่ได้เปลี่ยนไปจากอดีต ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาค่าไฟฟ้า TOU แล้วนั้นจะส่งผลให้ความคุ้มค่าของโครงการเพิ่มสูงขึ้น

## บทที่ 6

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 สรุปผลการศึกษา

ไฟฟ้าถือว่าเป็นสิ่งที่เป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชน โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ รวมไปถึงภาคครัวเรือน ล้วนต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยแต่ละภาคส่วนล้วนมีพฤติกรรมในการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป เส้นทางภาครัฐอันได้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะมีหน้าที่ผลิตจัดส่งและจำหน่าย ไปยังทุกภาคส่วนอย่างทั่วถึง

จากการที่ความต้องการไฟฟ้าภายในประเทศไทยที่มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นในทุกปี กอปรกับการที่ภาครัฐไม่สามารถก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ได้ (โรงไฟฟ้าถ่านหิน, โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดใหญ่) จึงทำให้หลักเล็งไม่ได้ ที่จะต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าและเพิ่มระบบการจัดการการใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประเทศไทยควรปรับนโยบายด้านพลังงานไปสู่ระบบไฟฟ้า ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยเทคโนโลยีกักเก็บพลังงาน เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานนี้จะช่วยในการบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าในช่วงช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงได้

ในประเทศออสเตรเลีย และสหรัฐอเมริกาได้นำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ร่วมกับระบบส่งไฟฟ้าและระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ช่วยทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าและสามารถเปิดตลาดขายไฟฟ้าได้ ซึ่งประเทศเหล่านี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบกักเก็บพลังงานเป็นจำนวนมาก หากแต่ในประเทศไทยยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่สามารถอธิบายถึงความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานประกอบกับว่าประเทศไทยไม่ใช่เจ้าของเทคโนโลยีจึงมีต้นทุนที่สูงกว่าประเทศอื่นๆ แต่ระดับราคาของระบบกักเก็บพลังงานในอนาคตนั้นมีแนวโน้มที่จะลดลงทุกปี จึงก่อให้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นมาโดยมุ่งหวังว่าการลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในธุรกิจโรงพยาบาลนี้จะสามารถเป็นตัวแทนของแนวความคิดที่สามารถนำไปประยุกต์กับผู้ใช้ไฟฟ้าในภาคส่วนอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มาเป็นแนวทางเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการ โดยเลือกกิจการโรงพยาบาลมาเป็นตัวแทน ของผู้ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากเป็นกิจการที่ต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ตลอด 24 ชั่วโมง โดยเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ของโรงพยาบาลจำนวน 3 แห่ง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลประวัติการใช้ไฟฟ้า (Load profile) จากการไฟฟ้านครหลวง โดยนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้างวดมาสร้างแบบจำลองการใช้ไฟฟ้าในโปรแกรม Homer pro แล้วนำไปคำนวณความคุ้มค่าโดยอ้างอิงราคาของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่จากราคาของโรงงานประเทศเกาหลีใต้ ในปี พ.ศ. 2560 เป็นฐานการคำนวณ ในส่วนของด้านผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนั้นจะมาจากที่สามารถลดค่าไฟฟ้างวดจากเดิมและการลดความไม่พร้อมใช้งานของระบบไฟฟ้า นำมาคำนวณดัชนีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C Ratio) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (PBP) รวมไปถึงการจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติ คาร์โล

ในการแจกแจงความน่าจะเป็นของอัตราความผันผวนของอัตราการเติบโตของกำไรก่อนหักภาษีของแต่ละโรงพยาบาล

จากผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนในการลงทุนเริ่มต้นของระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่นั้นมีสัดส่วนในการลงทุนเริ่มต้นประมาณร้อยละ 50 ส่วนต้นทุนในการดำเนินงานมีประมาณร้อยละ 50 เช่นกัน ผลประโยชน์ที่องค์กรจะได้รับในช่วงดำเนินงานนั้น โรงพยาบาล A มีความคุ้มค่ามากกว่าโรงพยาบาล B และ C เนื่องจากโรงพยาบาล A มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak มากกว่าช่วง Off peak ถึงร้อยละ 22.65 ส่วนโรงพยาบาล B และ C มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak มากกว่าช่วง Off peak เพียงร้อยละ 9.52 และ 5.34 ตามลำดับ โดยผลประโยชน์ที่ได้รับนั้นคือ การทำให้ค่าไฟฟ้างดลงจากความแตกต่างของโครงสร้างค่าไฟฟ้าแบบ TOU ที่มีช่วงราคา Peak สูงกว่า Off peak ถึงร้อยละ 37.54 อีกทั้งโครงการนี้ยังได้รับผลประโยชน์จากค่าเสียโอกาสจากเวลาที่การไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ เป็นการสะท้อนการสูญเสียเชิงรายได้ขององค์กร ในส่วนของการจำลองสถานการณ์โดยเทคนิคมอนติ คาร์โล จำนวน 4 สถานการณ์นั้นจะพบว่า ไม่มีสถานการณ์ใดที่มีความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกเท่ากับร้อยละ 100 โดยโรงพยาบาล A สำหรับสถานการณ์ที่หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของราคาค่าไฟฟ้า TOU และเข้าร่วมนโยบาย Demand Response ประเภท CPP นั้นมีความเป็นไปได้ที่โครงการจะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกสูงที่สุด คือ ร้อยละ 95.68

ท้ายที่สุดนี้ จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณราคาของค่าไฟฟ้า TOU ร่วมกับการใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) นั้นจะเห็นได้ว่า หากมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และนำมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า Demand Response) แบบ Critical Peak Pricing (CPP) จะทำให้การติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ในโรงพยาบาลมีความคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับภาครัฐ หากนำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU ไปใช้ในผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยอื่น ๆ ที่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน ก็จะสามารถทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการสูงของประเทศลดลงได้ และยังสามารถเป็นสิ่งจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหันมาสนใจการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานอีกด้วย สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak สูงกว่า Off peak การลงทุนติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่สามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งสำหรับการช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในระยะยาว และช่วยเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้าขององค์กรไปพร้อมกัน

## 6.2 ข้อจำกัดในการศึกษา

1. จำนวนตัวอย่างของลักษณะการใช้ไฟฟ้ายังมีจำนวนน้อยอาจไม่สามารถอธิบายถึงสภาพการใช้ไฟฟ้าจริง ของธุรกิจโรงพยาบาลได้ดีเท่าที่ควร
2. นโยบายที่สนับสนุนการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานจากภาครัฐนั้น ยังเป็นการสนับสนุนในส่วนของกรวิจัยและพัฒนา และเป็นการสนับสนุนให้มีโรงงานผลิตระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ ซึ่งยังไม่มียกเว้นนโยบายสนับสนุนสำหรับผู้ที่ให้นำมาติดตั้งใช้งานโดยเฉพาะ
3. ข้อมูลประวัติการใช้ไฟฟ้าไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นของบริษัทใด

### 6.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรต่อยอดงานวิจัยไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอื่นๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่ราชการ รวมไปถึงภาคครัวเรือน เพื่อเป็นประโยชน์ในการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า และช่วยลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak ของทั้งประเทศ

2. สามารถต่อยอดวิจัยนี้ โดยนำพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ มาติดตั้งร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่ เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าที่จะต้องซื้อเข้ามาประจุในแบตเตอรี่





## รายการอ้างอิง

### หนังสือ

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015)*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์. (2558). *โครงการศึกษาแนวทางการผสมผสานพลังงานหมุนเวียนกับระบบไฟฟ้าและพัฒนานโยบายการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP 2015)*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2559). *ร่างประกาศกรอบทุนวิจัยเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน "โครงการสนับสนุนการศึกษาวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน"*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2561). ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ พ.ศ. 2551-2560. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2561, จาก [https://www.set.or.th/th/market/market\\_statistics.html#header](https://www.set.or.th/th/market/market_statistics.html#header)
- บีบีซี นาวิกะชั่น. (2017). *5 ข้อควรรู้ ไทย กับความตกลงปารีส และปัญหา "โลกร้อน"*. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2560, จาก <http://www.bbc.com/thai/international-40137393>
- มหาวิทยาลัยลงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. (2552). *วิธีการคิดค่าไฟฟ้าและแนวทางการจัดการค่าพลังงานไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2560, จาก <http://building.pn.psu.ac.th/docs/bill.ppt>
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2543). *อัตราค่าไฟฟ้าส่วนภูมิภาค*. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 กันยายน 2560, จาก <http://www2.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html>
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2560). *สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทยช่วง 8 เดือนแรกของปี 2560*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กันยายน 2560, จาก [http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/17183\\_2a94e503ce097df8734f45070e6ecdc9](http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/17183_2a94e503ce097df8734f45070e6ecdc9)
- สมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย. (2561). *ผลตอบแทนจากตั๋วเงินคลังอายุ 3 เดือนที่ออกโดยรัฐบาลไทย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 เมษายน 2561, จาก <http://www.thaibma.or.th/EN/Market/YieldCurve/Government.aspx>

## การค้นคว้าอิสระ

- กฤษฎี พิษิตถกมล. (2557). *ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อันเนื่องมาจากการใช้ของเหลือในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊ส ขนาดไม่เกิน 1 MW ในธุรกิจโรงสีข้าว*. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ.
- ชัยวัฒน์ ศิริพจนากุล. (2559). *การประเมินต้นทุนรวมในความเป็นเจ้าของยานยนต์ไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร*. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ.
- นฤนาท พลัประสิทธิ์. (2559). *การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนดาต้าเซ็นเตอร์*. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ.
- วสุพร ตีวงาม. (2558). *การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการติดตั้งโซลาร์รูฟอย่างเสรี สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์.

## บทความ

- ธีรภัทร์ แมนมิตร และ ปานจิต ดำรงกุลกำจร. (2558). ระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน. *วารสารวิจัยพลังงาน*, 12(2), 75-94.
- ปิติภัทร ธิระเกียรติ และ โสภิตสุดา ทองโสภิต. (2560). การศึกษาโครงสร้างค่าไฟฟ้าสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีระบบกักเก็บพลังงาน. *วารสารการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย*, 13, 1-9.
- เผด็จ ไชยมงคล และคณะ. (2557). การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก.*, 27(88), 81-91.

## Articles

- Rahmann, C., Mac-Clure, B., Vittal, V. & Valencia, F. (2017). Break-Even Points of Battery Energy Storage Systems for Peak Shaving Applications. *Energies*, 10(7), 833-846.
- Rodrigues, S., Faria, F., Cafofo, N., & Morgado-Dias, F. (2017). Analysis of the Self-Consumption Regulation for Photovoltaic Systems with Battery Banks in the Portuguese Residential Sector. *Journal of Clean Energy Technologies*, 5(1), 52-59.
- Salles, M. B.C., Huang, J., Aziz, M. J., & Hogan, W.W.. (2017). Potential Arbitrage Revenue of Energy Storage Systems in PJM. *Energies*, 10(8), 1100-1119.

- Telaretti, E. Ippolito, M., & Dusonchet, L. (2015). A Simple Operating Strategy of Small-Scale Battery Storages for Energy Arbitrage under Dynamic Pricing Tariffs. *Energies*, 9(1), 12-32.
- Zebrajadi, M., & Askarzadeh, A. (2016). Optimization of a reliable grid-connected PV-base power plant with/without energy storage system by a heuristic approach. *Solar Energy*, 125, 12-21.

### Electronic Media

- Bloomberg New Energy Finance. (2017). *Lithium-ion Battery Costs and Market*. Retrieved October 1, 2017, from <https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/07/BNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2560) *Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030*, Retrieved October 1, 2017, from <http://www.irena.org/publications/2017/Oct/Electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>
- UNITED NATIONS. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Retrieved October 23, 2017, from <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

ภาคผนวก



**ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลรวมค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล A ระหว่างไม่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่  
และ มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่**

	Without Battery														
	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม
1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak	หน่วย	207,631	182,737	223,100	166,546	199,071	207,138	195,047	217,537	200,081	189,592	190,991	169,679	2,349,152	หน่วย
2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak	หน่วย	148,524	137,426	159,734	171,525	178,162	153,236	152,332	152,968	144,353	153,584	143,340	121,818	1,817,002	หน่วย
3. ความต้องการพลังไฟฟ้า (คิดเฉพาะช่วง Peak)	กิโลวัตต์	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	กิโลวัตต์
<b>การคำนวณค่าไฟฟ้า</b>															
1. ค่าไฟฟ้าช่วง Peak	บาท	874,065.47	769,267.52	939,186.05	701,110.50	838,029.76	871,990.35	821,090.65	915,764.39	842,281.06	798,126.95	804,014.38	714,296.52	9,889,223.61	บาท
2. ค่าไฟฟ้าช่วง Off peak	บาท	390,542.70	361,362.90	420,020.41	451,025.44	468,477.90	402,933.32	400,557.27	402,228.91	379,576.05	403,847.86	376,912.27	320,320.49	4,777,805.52	บาท
3. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	บาท	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	101,824.38	1,221,892.56	บาท
4. ค่า ft (-15.90 สตางค์/หน่วย พ.ศ. 2561)	บาท	- 56,628.62	- 50,905.98	- 60,870.67	- 53,753.38	- 59,980.12	- 57,299.48	- 55,233.33	- 58,910.23	- 54,765.00	- 54,564.96	- 53,158.60	- 46,347.98	- 662,418.35	บาท
5. ค่าบริการ	บาท	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	3,746.88	บาท
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>	<b>บาท</b>	<b>1,310,116.17</b>	<b>1,181,861.07</b>	<b>1,400,472.41</b>	<b>1,200,519.18</b>	<b>1,348,664.15</b>	<b>1,319,760.82</b>	<b>1,268,551.21</b>	<b>1,361,219.70</b>	<b>1,269,228.73</b>	<b>1,249,546.46</b>	<b>1,229,904.67</b>	<b>1,090,405.65</b>	<b>15,230,250</b>	<b>บาท</b>
<b>With Battery</b>															
1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak	หน่วย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หน่วย
2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak	หน่วย	356,154.86	320,163.37	382,834.42	338,071.60	377,233.48	360,374.08	347,379.41	370,504.57	344,433.96	343,175.88	334,330.80	291,496.75	4,166,153.16	หน่วย
3. ความต้องการพลังไฟฟ้า (คิดเฉพาะช่วง Peak)	กิโลวัตต์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	กิโลวัตต์
<b>การคำนวณค่าไฟฟ้า</b>															
1. ค่าไฟฟ้าช่วง Peak	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท
2. ค่าไฟฟ้าช่วง Off peak	บาท	936,509.20	841,869.57	1,006,663.10	888,959.28	991,935.45	947,603.64	913,434.16	974,241.76	905,689.08	902,380.96	879,122.83	766,490.69	10,954,899.73	บาท
3. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท
4. ค่า ft	บาท	- 56,628.62	- 50,905.98	- 60,870.67	- 53,753.38	- 59,980.12	- 57,299.48	- 55,233.33	- 58,910.23	- 54,765.00	- 54,564.96	- 53,158.60	- 46,347.98	- 662,418.35	บาท
5. ค่าบริการ	บาท	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	3,746.88	บาท
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>	<b>บาท</b>	<b>880,192.82</b>	<b>791,275.84</b>	<b>946,104.66</b>	<b>835,518.13</b>	<b>932,267.56</b>	<b>890,616.40</b>	<b>858,513.08</b>	<b>915,643.77</b>	<b>851,236.33</b>	<b>848,128.24</b>	<b>826,276.48</b>	<b>720,454.95</b>	<b>10,296,228.25</b>	<b>บาท</b>
<b>Summary</b>															
รายการ	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
ส่วนต่างค่าไฟฟ้า															
ระหว่างติดตั้งและไม่ติดตั้ง	บาท	429,923.36	390,585.23	454,367.74	365,001.05	416,396.59	429,144.42	410,038.13	445,575.93	417,992.40	401,418.22	403,628.20	369,950.70	4,934,021.96	บาท
ระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่															

ผลการศึกษาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนของโครงการ กรณีฐานอ้างอิง (BASE CASE) ของโรงพยาบาล A

ปี	พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายระยะก่อสร้าง (บาท)			รวมต้นทุนระยะก่อสร้าง (บาท)	ค่าใช้จ่ายระยะดำเนินการ (บาท)			รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท)	ผลประโยชน์		รวมผลประโยชน์ (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท)	
		ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	ค่าระบบดับเพลิง		ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ขดเซย loss ของระบบ)	ค่าแรงงานพนักงานดูแลระบบ	ค่าบำรุงรักษา		การประหยัดรายจ่ายค่าไฟฟ้า	ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลดความไม่พร้อมใช้งานของระบบไฟฟ้า			
0	2562	102,060,000.00	3,061,800.00	200,000.00	105,321,800.00				105,321,800.00				- 105,321,800.00	
1	2563					290,178.95	60,000.00	15,000.00	365,178.95	4,934,021.96	2,729,643.26	7,663,665.23	7,298,486.27	
2	2564					292,942.97	60,900.00	15,300.00	369,142.97	4,934,021.96	3,096,507.32	8,030,529.28	7,661,386.32	
3	2565					295,297.90	61,813.50	15,606.00	372,717.40	4,934,021.96	3,512,677.90	8,446,699.87	8,073,982.46	
4	2566					297,304.31	62,740.70	15,918.12	375,963.13	4,934,021.96	3,984,781.81	8,918,803.78	8,542,840.64	
5	2567					299,013.77	63,681.81	16,236.48	378,932.07	4,934,021.96	4,520,336.49	9,454,358.45	9,075,426.39	
6	2568					300,470.23	64,637.04	16,561.21	381,668.48	4,934,021.96	5,127,869.71	10,061,891.68	9,680,223.19	
7	2569					301,711.13	65,606.60	16,892.44	384,210.17	4,934,021.96	5,817,055.40	10,751,077.37	10,366,867.20	
8	2570					302,768.38	66,590.69	17,230.29	386,589.36	4,934,021.96	6,598,867.65	11,532,889.61	11,146,300.25	
9	2571					303,669.16	67,589.56	17,574.89	388,833.60	4,934,021.96	7,485,755.46	12,419,777.42	12,030,943.82	
10	2572					304,436.62	68,603.40	17,926.39	390,966.41	4,934,021.96	8,491,841.00	13,425,862.96	13,034,896.55	
11	2573					305,090.50	69,632.45	18,284.92	393,007.86	4,934,021.96	9,633,144.42	14,567,166.39	14,174,158.52	
12	2574					305,647.60	70,676.94	18,650.61	394,975.15	4,934,021.96	10,927,839.04	15,861,861.00	15,466,885.85	
13	2575					306,122.25	71,737.09	19,023.63	396,882.97	4,934,021.96	12,396,540.60	17,330,562.57	16,933,679.59	
14	2576					306,526.66	72,813.15	19,404.10	398,743.90	4,934,021.96	14,062,635.66	18,996,657.62	18,597,913.72	
15	2577					306,871.21	73,905.34	19,792.18	400,568.73	4,934,021.96	15,952,653.89	20,886,675.85	20,486,107.12	
รวม		102,060,000.00	3,061,800.00	200,000.00	105,321,800.00	4,518,051.65	1,000,928.27	259,401.25	111,100,181.17	74,010,329.45	114,338,149.63	188,348,479.07	77,248,297.90	
Discount rate		6.93%									NPV	-	3,862,179.67	
											BESS Cost	108,817,904.09	EIRR	6.44%
											BESS Benefit	104,955,724.41	B/C Ratio	0.96
												PBP	10.59	

**ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลรวมค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล B ระหว่างไม่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่  
และ มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่**

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า		หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย	
<b>Without Battery</b>	1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak	หน่วย	103,195	90,462	119,924	86,741	112,216	122,345	111,996	122,819	95,463	92,251	88,682	74,226	1,220,320	หน่วย	
	2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak	หน่วย	95,132	96,802	103,160	116,616	102,700	91,787	102,426	88,806	85,188	90,592	71,380	59,584	1,104,174	หน่วย	
	3. ความต้องการพลังไฟฟ้า (คิดเฉพาะช่วง Peak)	กิโลวัตต์	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	432	กิโลวัตต์	
<b>การคำนวณค่าไฟฟ้า</b>		หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย	
1. ค่าไฟฟ้าช่วง Peak	บาท	434,419.93	380,819.31	504,846.05	365,152.42	472,397.29	515,035.43	471,468.76	517,029.76	401,871.15	388,347.69	373,324.62	312,468.13	5,137,180.53	บาท		
2. ค่าไฟฟ้าช่วง Off peak	บาท	250,149.89	254,541.67	271,259.90	306,641.56	270,048.80	241,354.44	269,329.97	233,515.93	224,002.48	238,210.89	187,693.67	156,677.24	2,903,426.44	บาท		
3. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	บาท	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	57,425.76	689,109.12	บาท		
4. ค่า ft (-15.90 สตางค์/หน่วย พ.ศ. 2561)	บาท	- 31,534.01	- 29,775.08	- 35,470.47	- 32,333.71	- 34,171.65	- 34,047.01	- 34,093.12	- 33,648.36	- 28,723.57	- 29,071.94	- 25,449.86	- 21,275.82	- 369,594.58	บาท		
5. ค่าบริการ	บาท	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	312.24	3,746.88	บาท		
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>		บาท	<b>710,773.81</b>	<b>663,323.90</b>	<b>798,373.48</b>	<b>697,198.27</b>	<b>766,012.43</b>	<b>780,080.86</b>	<b>764,443.62</b>	<b>774,635.33</b>	<b>654,888.06</b>	<b>655,224.65</b>	<b>593,306.44</b>	<b>505,607.55</b>	<b>8,363,868</b>	<b>บาท</b>	
<b>With Battery</b>	ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า		หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
	1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Peak	หน่วย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หน่วย
	2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าช่วง Off peak	หน่วย	198,327.10	187,264.65	223,084.73	203,356.64	214,916.05	214,132.12	214,422.12	211,624.88	180,651.37	182,842.39	160,061.99	133,810.17	2,324,494.21	หน่วย	
	3. ความต้องการพลังไฟฟ้า (คิดเฉพาะช่วง Peak)	กิโลวัตต์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	กิโลวัตต์
	การคำนวณค่าไฟฟ้า		หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
	1. ค่าไฟฟ้าช่วง Peak	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท
	2. ค่าไฟฟ้าช่วง Off peak	บาท	521,501.10	492,412.39	586,601.30	534,726.28	565,121.76	563,060.42	563,822.96	556,467.62	475,022.79	480,784.06	420,883.00	351,853.85	6,112,257.52	บาท	
	3. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท	
	4. ค่า ft	บาท	- 31,534.01	- 29,775.08	- 35,470.47	- 32,333.71	- 34,171.65	- 34,047.01	- 34,093.12	- 33,648.36	- 28,723.57	- 29,071.94	- 25,449.86	- 21,275.82	- 369,594.58	บาท	
	5. ค่าบริการ	บาท	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	312.2400	3,746.88	บาท	
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>		บาท	<b>490,279.34</b>	<b>462,949.55</b>	<b>551,443.07</b>	<b>502,704.82</b>	<b>531,262.35</b>	<b>529,325.65</b>	<b>530,042.08</b>	<b>523,131.51</b>	<b>446,611.46</b>	<b>452,024.36</b>	<b>395,745.38</b>	<b>330,890.27</b>	<b>5,746,409.82</b>	<b>บาท</b>	
<b>Summary</b>	รายการ	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย	
	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า	บาท	220,494.48	200,374.35	246,930.41	194,493.45	234,750.08	250,755.21	234,401.54	251,503.82	208,276.60	203,200.29	197,561.06	174,717.29	2,617,458.57	บาท	
	ระหว่างติดตั้งและไม่ติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่																

ผลการศึกษาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนของโครงการ กรณีฐานอ้างอิง (BASE CASE) ของโรงพยาบาล B

ปี	พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายระยะก่อสร้าง (บาท)			รวมต้นทุนระยะก่อสร้าง (บาท)	ค่าใช้จ่ายระยะดำเนินการ (บาท)			รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท)	ผลประโยชน์		รวมผลประโยชน์ (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท)
		ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	ค่าระบบดับเพลิง		ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ชดเชย loss ของระบบ)	ค่าแรงงานพนักงานดูแลระบบ	ค่าบำรุงรักษา		การประหยัดรายจ่ายค่าไฟฟ้า	ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลดความไม่พร้อมใช้งานของระบบไฟฟ้า		
0	2562	76,545,000.00	2,296,350.00	150,000.00	78,991,350.00				78,991,350.00				- 78,991,350.00
1	2563					150,740.01	60,000.00	15,000.00	225,740.01	2,617,458.57	792,622.72	3,410,081.28	3,184,341.27
2	2564					152,175.84	60,900.00	15,300.00	228,375.84	2,617,458.57	831,619.75	3,449,078.32	3,220,702.48
3	2565					153,399.17	61,813.50	15,606.00	230,818.67	2,617,458.57	872,535.45	3,489,994.01	3,259,175.35
4	2566					154,441.44	62,740.70	15,918.12	233,100.26	2,617,458.57	915,464.19	3,532,922.76	3,299,822.50
5	2567					155,329.46	63,681.81	16,236.48	235,247.75	2,617,458.57	960,505.03	3,577,963.60	3,342,715.85
6	2568					156,086.05	64,637.04	16,561.21	237,284.30	2,617,458.57	1,007,761.88	3,625,220.44	3,387,936.15
7	2569					156,730.66	65,606.60	16,892.44	239,229.69	2,617,458.57	1,057,343.76	3,674,802.33	3,435,572.63
8	2570					157,279.87	66,590.69	17,230.29	241,100.85	2,617,458.57	1,109,365.07	3,726,823.64	3,485,722.79
9	2571					157,747.80	67,589.56	17,574.89	242,912.25	2,617,458.57	1,163,945.83	3,781,404.40	3,538,492.15
10	2572					158,146.48	68,603.40	17,926.39	244,676.26	2,617,458.57	1,221,211.97	3,838,670.54	3,593,994.27
11	2573					158,486.15	69,632.45	18,284.92	246,403.51	2,617,458.57	1,281,295.60	3,898,754.17	3,652,350.65
12	2574					158,775.55	70,676.94	18,650.61	248,103.10	2,617,458.57	1,344,335.34	3,961,793.91	3,713,690.81
13	2575					159,022.12	71,737.09	19,023.63	249,782.83	2,617,458.57	1,410,476.64	4,027,935.21	3,778,152.37
14	2576					159,232.19	72,813.15	19,404.10	251,449.44	2,617,458.57	1,479,872.09	4,097,330.66	3,845,881.22
15	2577					159,411.18	73,905.34	19,792.18	253,108.70	2,617,458.57	1,552,681.80	4,170,140.37	3,917,031.66
รวม		76,545,000.00	2,296,350.00	150,000.00	78,991,350.00	2,347,003.96	1,000,928.27	259,401.25	82,598,683.48	39,261,878.52	17,001,037.13	56,262,915.65	- 26,335,767.83
Discount rate		6.93%									NPV	-	47,455,805.69
										BESS Cost	81,169,653.90	EIRR	-4.55%
										BESS Benefit	33,713,848.22	B/C Ratio	0.42
											PBP		-



ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลรวมค่าไฟฟ้าของโรงพยาบาล C ระหว่างไม่มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่  
และ มีการติดตั้งระบบกักเก็บพลังงานโดยแบตเตอรี่

Without Battery	Without Battery														
	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าของ Peak	หน่วย	94,489	79,801	112,146	86,334	99,986	94,360	93,989	91,124	92,193	86,367	84,004	60,576	1,074,947	หน่วย
2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าของ Of peak	หน่วย	90,703	81,828	89,552	100,675	97,865	82,875	90,087	80,049	82,688	84,937	72,506	63,765	1,017,501	หน่วย
3. ความต้องการส่งไฟฟ้า (คิดเฉพาะของ Peak)	กิโลวัตต์	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391	391		กิโลวัตต์
การคำนวณค่าไฟฟ้า	บาท														บาท
1. ค่าไฟฟ้าของ Peak	บาท	397,769.99	335,939.10	472,097.52	363,438.16	419,268.98	397,227.94	395,537.61	383,603.53	388,104.39	363,580.08	363,632.33	255,005.92	4,525,205.54	บาท
2. ค่าไฟฟ้าของ Of peak	บาท	238,504.39	215,166.52	235,477.74	264,724.43	257,337.16	217,918.66	236,884.94	210,488.31	217,349.66	223,342.36	190,654.30	167,670.21	2,675,518.66	บาท
3. ค่าความต้องการส่งไฟฟ้า	บาท	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	51,975.63	623,707.56	บาท
4. ค่าไฟ (-15.90 สลากจำหน่าย พค. 2561)	บาท	- 29,445.57	- 25,699.03	- 32,089.90	- 29,734.32	- 31,396.36	- 28,180.32	- 29,263.32	- 27,216.43	- 27,801.32	- 27,237.40	- 24,885.10	- 19,770.20	- 332,699.26	บาท
5. ค่าบริการ	บาท	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	374,688	บาท
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>	<b>บาท</b>	<b>659,116.68</b>	<b>577,694.45</b>	<b>727,793.23</b>	<b>650,716.13</b>	<b>697,497.66</b>	<b>639,254.15</b>	<b>655,447.10</b>	<b>619,163.27</b>	<b>629,940.59</b>	<b>611,972.91</b>	<b>571,689.39</b>	<b>455,193.81</b>	<b>7,495,479</b>	<b>บาท</b>
With Battery	With Battery														
	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
1. จำนวนหน่วยไฟฟ้าของ Peak	หน่วย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	หน่วย
2. จำนวนหน่วยไฟฟ้าของ Of peak	หน่วย	185,192.24	161,629.12	201,697.46	187,008.32	197,461.36	177,234.72	184,046.07	171,172.52	174,851.05	171,304.42	155,510.08	124,340.85	2,092,448.19	หน่วย
3. ความต้องการส่งไฟฟ้า (คิดเฉพาะของ Peak)	กิโลวัตต์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	กิโลวัตต์
การคำนวณค่าไฟฟ้า	บาท														บาท
1. ค่าไฟฟ้าของ Peak	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท
2. ค่าไฟฟ้าของ Of peak	บาท	486,962.99	425,003.76	530,363.46	491,738.38	519,224.66	466,098.69	483,949.14	450,098.13	459,770.84	450,444.96	411,543.24	326,954.26	5,502,092.52	บาท
3. ค่าความต้องการส่งไฟฟ้า	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	บาท
4. ค่า II	บาท	- 29,445.57	- 25,699.03	- 32,089.90	- 29,734.32	- 31,396.36	- 28,180.32	- 29,263.32	- 27,216.43	- 27,801.32	- 27,237.40	- 24,885.10	- 19,770.20	- 332,699.26	บาท
5. ค่าบริการ	บาท	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	31224	374,688	บาท
<b>รวมค่าไฟฟ้า</b>	<b>บาท</b>	<b>457,829.67</b>	<b>399,616.97</b>	<b>498,605.81</b>	<b>462,316.30</b>	<b>488,140.54</b>	<b>438,170.61</b>	<b>454,998.05</b>	<b>423,193.94</b>	<b>432,281.76</b>	<b>423,519.80</b>	<b>386,970.38</b>	<b>307,496.31</b>	<b>5,173,140.14</b>	<b>บาท</b>
Summary	Summary														
	หน่วย	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม	หน่วย
รายการ	บาท														บาท
ส่วนต่างค่าไฟฟ้า	บาท														บาท
ระหว่างติดตั้งและไม่ได้ติดตั้ง	บาท	201,287.02	178,077.48	229,187.43	188,399.83	209,357.12	201,083.54	200,449.04	195,969.33	197,668.83	188,453.11	184,719.01	147,697.50	2,322,339.24	บาท
รวมกับกับส่งมอบโดยเฉลี่ย															

ผลการศึกษาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนของโครงการ กรณีฐานอ้างอิง (BASE CASE) ของโรงพยาบาล C

ปี	พ.ศ.	ค่าใช้จ่ายระยะก่อสร้าง (บาท)			รวมต้นทุนระยะก่อสร้าง (บาท)	ค่าใช้จ่ายระยะดำเนินการ (บาท)			รวมต้นทุนทั้งหมด (บาท)	ผลประโยชน์		รวมผลประโยชน์ (บาท)	ผลประโยชน์สุทธิ (บาท)	
		ค่าระบบกักเก็บพลังงานและอุปกรณ์ประกอบระบบ	ค่าติดตั้งระบบกักเก็บพลังงาน	ค่าระบบดับเพลิง		ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติม (ขดเซย loss ของระบบ)	ค่าแรงงานพนักงานดูแลระบบ	ค่าบำรุงรักษา		การประหยัดรายจ่ายค่าไฟฟ้า	ผลประโยชน์ที่ได้อีกจากการลดความไม่คุ้มค่าของระบบไฟฟ้า			
0	2562	66,339,000.00	1,990,170.00	130,000.00	68,459,170.00				68,459,170.00				- 68,459,170.00	
1	2563					132,782.86	60,000.00	15,000.00	207,782.86	2,322,339.24	719,663.24	3,042,002.49	2,834,219.62	
2	2564					134,047.65	60,900.00	15,300.00	210,247.65	2,322,339.24	834,233.63	3,156,572.87	2,946,325.23	
3	2565					135,125.24	61,813.50	15,606.00	212,544.74	2,322,339.24	967,043.62	3,289,382.87	3,076,838.13	
4	2566					136,043.35	62,740.70	15,918.12	214,702.17	2,322,339.24	1,120,996.97	3,443,336.21	3,228,634.04	
5	2567					136,825.58	63,681.81	16,236.48	216,743.88	2,322,339.24	1,299,459.69	3,621,798.93	3,405,055.05	
6	2568					137,492.04	64,637.04	16,561.21	218,690.29	2,322,339.24	1,506,333.67	3,828,672.91	3,609,982.62	
7	2569					138,059.87	65,606.60	16,892.44	220,558.90	2,322,339.24	1,746,141.99	4,068,481.23	3,847,922.33	
8	2570					138,543.65	66,590.69	17,230.29	222,364.63	2,322,339.24	2,024,127.79	4,346,467.04	4,124,102.40	
9	2571					138,955.84	67,589.56	17,574.89	224,120.28	2,322,339.24	2,346,368.94	4,668,708.18	4,444,587.90	
10	2572					139,307.02	68,603.40	17,926.39	225,836.81	2,322,339.24	2,719,910.87	5,042,250.12	4,816,413.31	
11	2573					139,606.23	69,632.45	18,284.92	227,523.59	2,322,339.24	3,152,920.68	5,475,259.93	5,247,736.33	
12	2574					139,861.15	70,676.94	18,650.61	229,188.70	2,322,339.24	3,654,865.66	5,977,204.90	5,748,016.20	
13	2575					140,078.35	71,737.09	19,023.63	230,839.07	2,322,339.24	4,236,720.27	6,559,059.51	6,328,220.45	
14	2576					140,263.40	72,813.15	19,404.10	232,480.65	2,322,339.24	4,911,206.14	7,233,545.38	7,001,064.73	
15	2577					140,421.06	73,905.34	19,792.18	234,118.59	2,322,339.24	5,693,070.15	8,015,409.40	7,781,290.81	
รวม		66,339,000.00	1,990,170.00	130,000.00	68,459,170.00	2,067,413.30	1,000,928.27	259,401.25	71,786,912.82	34,835,088.66	36,933,063.31	71,768,151.97	- 18,760.85	
Discount rate		6.93%									NPV	-	30,358,402.73	
											BESS Cost	70,467,765.69	EIRR	0.00%
											BESS Benefit	40,109,362.96	B/C Ratio	0.57
											PBP		-	

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายเฉลิมรัช บัวหล้า  
 วันเดือนปีเกิด 23 กรกฎาคม 2531  
 วุฒิกการศึกษา ปีการศึกษา 2555: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 ตำแหน่ง วิศวกรโครงการ  
 บริษัท ซุปเปอร์ เอนเนอร์ยี กรุ๊ป จำกัด

## ผลงานทางวิชาการ

เฉลิมรัช บัวหล้า และ ศิริวิชญ์ ชัยชนะ. (2554). การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบ  
 ทำความเย็นสำหรับห้องเย็น. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า.

## ประสบการณ์ทำงาน

2558-ปัจจุบัน: วิศวกรโครงการ  
 บริษัท ซุปเปอร์ เอนเนอร์ยี กรุ๊ป จำกัด  
 2557-2558: ผู้ช่วยผู้จัดการ  
 บริษัท อินเตอร์ พาร์อีสท์ เอ็นเนอร์ยี คอร์ปอเรชั่น จำกัด  
 (มหาชน)  
 2555-2557: วิศวกรโครงการ  
 บริษัท เต็มโก้ จำกัด (มหาชน)