

ผลกระทบของการสะสมพลังงานในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า ที่มีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก Impact of Energy Storage in Electric Power Distribution Systems Consisting of a Very Small Power Producers (VSPP)

อุมภรณ์ ขวัญเนตร และ ธนัตชัย กุลวรวานิชพงษ์
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000 E-mail: muayja1@hotmail.com, Thanatchai@gmail.com

Aumapom Khwannetr and Thanatchai Kulworawanishpong
Department of Electrical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakhon Ratchasima, THAILAND 30000 Tel: 0-4422-3000 E-mail: muayja1@hotmail.com, Thanatchai@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลกระทบของการสะสมพลังงานในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่มีพลังงานหมุนเวียนประเภทชีวมวล ซึ่งมีกำลังการผลิตไฟฟ้าภายในระบบ 6 เมกะวัตต์ ระบบทดสอบขนาด 12 บัส โดยทำการจำลองระบบสะสมพลังงานเพื่อกักเก็บพลังงานภายในระบบเมื่อมีการตอบสนองต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงของผู้ใช้ ซึ่งจะพิจารณา 4 กรณีด้วยกัน คือ 1) ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน 2) มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน 3) ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง 4) มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งจะใช้การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธี การนิวตัน – ราฟสัน จำลองผลระบบการทดสอบใน 1 วัน ให้มีการสะสมพลังงานและจ่ายพลังงานที่สะสมไว้เข้าสู่ระบบด้วยอัลกอริทึมที่เหมาะสม และทำการวิเคราะห์ผลของการติดตั้งระบบสะสมพลังงานจะเห็นได้ว่าเมื่อระบบมีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานจะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งได้มากกว่าไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน ดังนั้นการสะสมพลังงานในระบบจะช่วยให้มีการใช้พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการติดตั้งระบบสะสมพลังงานยังสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งได้อีกด้วย

คำสำคัญ : ระบบจ่ายพลังงานขนาดเล็ก, กำลังงานสูญเสีย, ระบบสะสมพลังงาน, การไหลของกำลังไฟฟ้า

Abstract

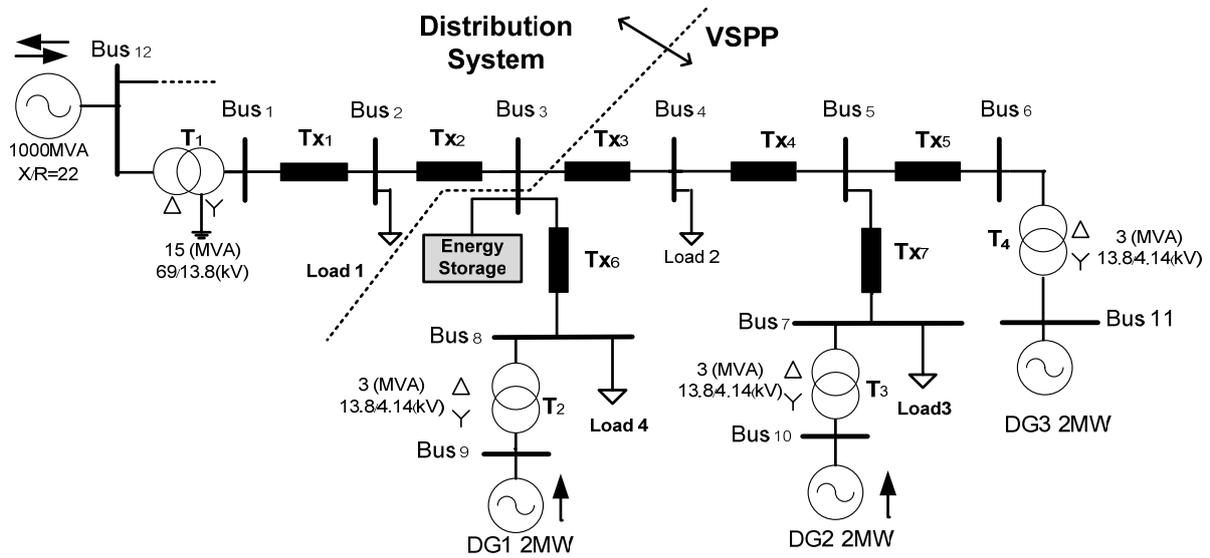
This paper presents impact of energy storage on an electric power distribution system consisting of a very small power

producer of a biomass type. A simple 6-bus test system with a total power generation of 6 MW and an adequate energy storage equipment are situated for test. Considering of four test cases, case 1: without energy storage installation and power losses, case 2: without energy storage installation but including power losses, case 3: with energy storage installation but power losses neglected, case 4: with energy storage installation and including power losses. Power transmission losses used in this paper can be determined by using Newton-Raphson power flow solution method. The simulation of the test system was carried out by performing one day simulation with energy storage and energizing stored energy by using an appropriate algorithm. The results showed that the system with energy storage can lead to efficient energy usage and power loss reduction.

Key words : microgrid distribution energy system, power losses, Energy storage system, power flow

1. บทนำ

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นระบบที่เชื่อมต่อระหว่างระบบส่งจ่ายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นระบบที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปแล้วมีค่าสูงเพราะว่าเป็นระบบแรงดันต่ำ ดังนั้นกระแสที่ไหลในสายป้อนจึงมีค่าสูง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบสูงตามไปด้วย ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพด้านระดับแรงดันไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟ



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่มีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

3. แบบจำลองระบบสำหรับศึกษาผลกระทบของการสะสมพลังงาน

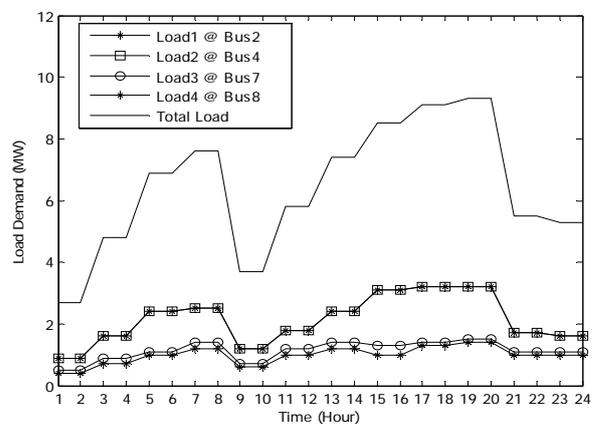
จากรูปที่ 1 ทำการจำลองระบบทดสอบขนาด 12 บัส ระบบผลิตไฟฟ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้า 13.8 กิโลโวลต์ มีการเชื่อมต่อผ่านหม้อแปลงแรงดันต่ำเพื่อจ่ายไฟเข้าระบบ มีระบบจ่ายพลังงานขนาดเล็กโดยใช้พลังงานหมุนเวียนประเภทพลังงานชีวมวล ติดตั้ง 3 ตำแหน่ง ที่บัส 9, 10 และ 11 โดยกำลังการผลิตแต่ละตัวมีขนาด 2 MW ส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหลด ติดตั้งระบบสะสมพลังงานที่บัส 6 และติดตั้งโหลดที่บัส 2, 4, 8 และ 7 กำหนดข้อมูลบัสและข้อมูลสายส่งต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และ 2 ปริมาณความต้องการของโหลดกำลังไฟฟ้าใน 1 วัน ดังรูปที่ 2 [3], [5]

ตารางที่ 1 ข้อมูลบัสของระบบ 12 บัส

Bus Number	Voltage		Bus type
	V (per unit)	δ (deg)	
1	1	0	Load bus
2	1	0	Load bus
3	1	0	Load bus
4	1	0	Load bus
5	1	0	Load bus
6	1	0	Load bus
7	1	0	Load bus
8	1	0	Load bus
9	1	0	PV bus
10	1	0	PV bus
11	1	0	PV bus
12	1.05	0	Slack bus

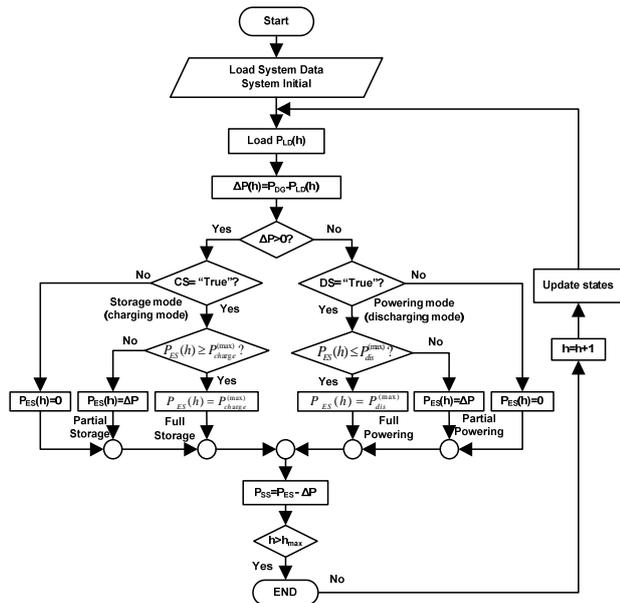
ตารางที่ 2 ข้อมูลสายส่งของระบบ 12 บัส โดยใช้ 10 เมกะวาร์, 13.8 กิโลโวลต์ เป็นค่าฐาน

Line Number	Bus Number		Impedance (per unit)		Tap Ratio
	From	To	R	X	
1	12	1	0	0.0533	1
2	1	2	0.03	0.0007	-
3	2	3	0.03	0.0007	-
4	3	4	0.03564	0.02661	-
5	4	5	0.03564	0.02661	-
7	3	8	0.0146	0.01091	-
8	5	7	0.0146	0.01091	-
9	6	11	0	0.03	1
10	8	9	0	0.03	1
11	7	10	0	0.03	1
1	12	1	0	0.0533	1



รูปที่ 2 ความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้าใน 1 วัน

กระบวนการทำงานของระบบสะสมพลังงานในงานวิจัยนี้มีหลักการทำงานดังแผนภาพในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของระบบสะสมพลังงาน

กำหนดให้

h คือ เวลา (ชั่วโมง)

P_{DG} คือ กำลังไฟฟ้ารวมที่ผลิตจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ซึ่งคงที่ตลอดเวลา (6 เมกะวัตต์)

P_{LD} คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้ารวมในแต่ละชั่วโมง

P_{SS} คือ กำลังไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อยผลิต

CS คือ สถานะการสะสมพลังงาน

DS คือ สถานะการจ่ายพลังงาน

$P_{charge}^{(max)}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่สะสมสูงสุดในระบบสะสมพลังงาน

$P_{dis}^{(max)}$ คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายสูงสุดในระบบสะสมพลังงาน

4. ผลการทดสอบ

กำหนดให้ระบบมีการผลิตกำลังไฟฟ้ารวมในแต่ละชั่วโมงได้ทั้งหมด 6 เมกะวัตต์ และความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมงมีการเปลี่ยนแปลง สำหรับกรณีที่มีการพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งจะใช้หลักการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีการ นิวตัน - ราฟสัน (Newton - Raphson Method) สมการกำลังสูญเสียจากการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงบนสายส่ง นั่นคือผลต่างของกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัส i ไปบัส j กับกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลจากบัส j ไปบัส i ก็จะเป็นค่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายส่งนั้นๆ และกำลังสูญเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับการรวมของกำลังสูญเสียในแต่ละสายส่งดังแสดงตามสมการที่ (1) [6]

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{N_L} g_{i,j} \{V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)\} \quad (1)$$

กำหนดให้

P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียจริงในสายส่งทั้งหมด

N_L คือ จำนวนสายส่งทั้งหมด

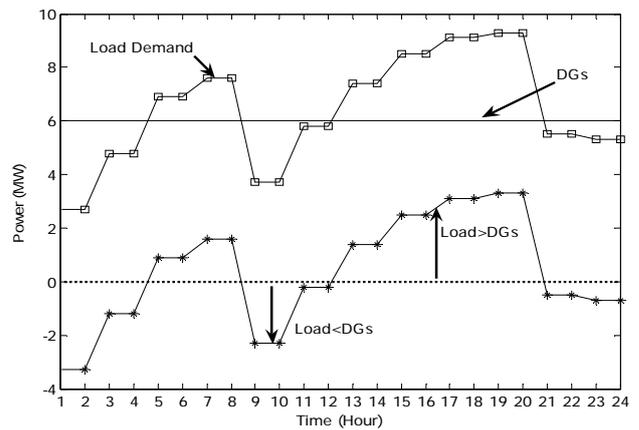
V_i, δ_i คือ ขนาดและมุมแรงดันบัสที่ i

V_j, δ_j คือ ขนาดและมุมแรงดันบัสที่ j

$g_{i,j}$ คือ ความนำไฟฟ้าจากบัส i ไปยังบัส j

4.1 กรณีไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน

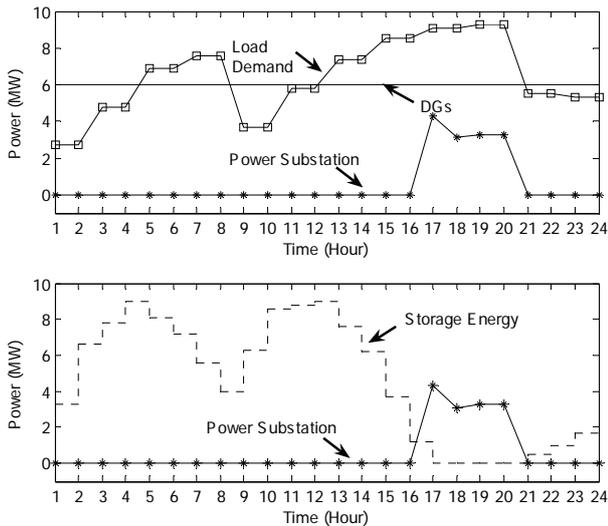
ผลการทดสอบระบบผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กมากในกรณีไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานแสดงดังรูปที่ 4 เมื่อความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมงมีค่าน้อยกว่าปริมาณกำลังไฟฟ้ารวมที่ผลิตได้จากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กมากภายในระบบ (Load < DGs) จึงทำให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการจ่ายโหลด ไหลย้อนกลับสู่สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) ซึ่งปริมาณกำลังไฟฟ้านี้จะถูกนำไปใช้ยังส่วนอื่น ๆ ถ้าความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมงมีค่ามากกว่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กมากภายในระบบ (Load > DGs) สถานีไฟฟ้าย่อยก็จะทำหน้าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าส่วนที่ต้องรับเพิ่มเพื่อมาชดเชยระบบ



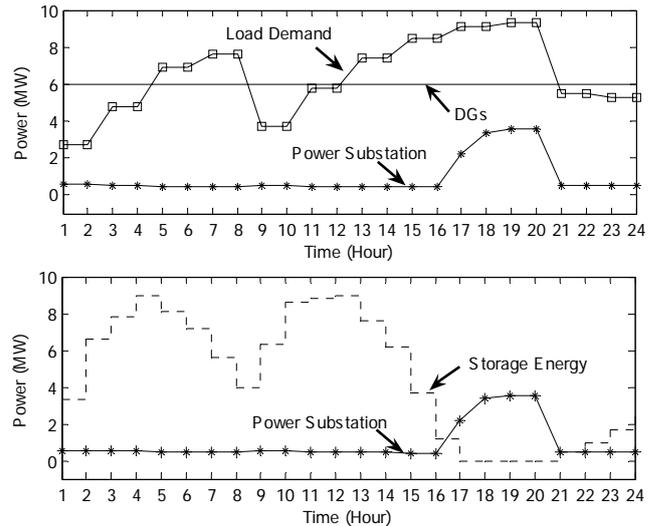
รูปที่ 4 ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน

4.2 กรณีมีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน

ผลการทดสอบระบบในกรณีที่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานแสดงดังรูปที่ 5 เมื่อปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าขนาดเล็กมากภายในระบบมีมากกว่าความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้า ระบบสะสมพลังงานจะนำกำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากการจ่ายโหลดมาเก็บสะสมไว้ในรูปแบบการสะสมพลังงาน (Storage Energy) และถ้าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ภายในระบบน้อยกว่าความต้องการโหลดกำลังไฟฟ้า ระบบสะสมพลังงานจะนำพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในระบบมาชดเชยจ่ายโหลดแทนส่วนที่ต้องรับเพิ่มจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อให้ระบบสมดุล



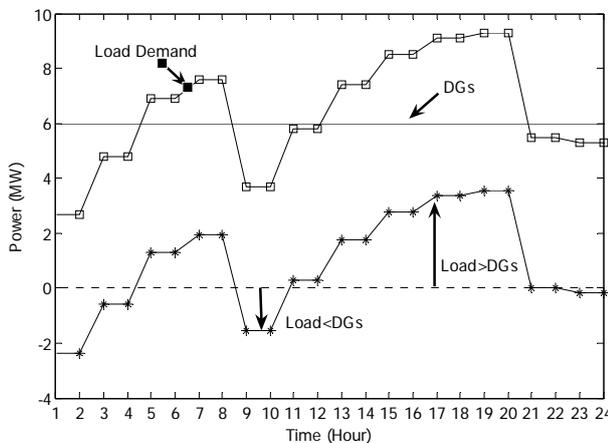
รูปที่ 5 มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน



รูปที่ 7 มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

4.3 กรณีไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณา กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

ผลการทดสอบระบบในกรณีไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณา กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 แต่จะมีกำลังไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่สูญเสียไปในสายส่งเกิดขึ้น เนื่องจากการจำลองผลโดยใช้การคำนวณ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งด้วยวิธี นิวตัน - ราฟสัน



รูปที่ 6 ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณา กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

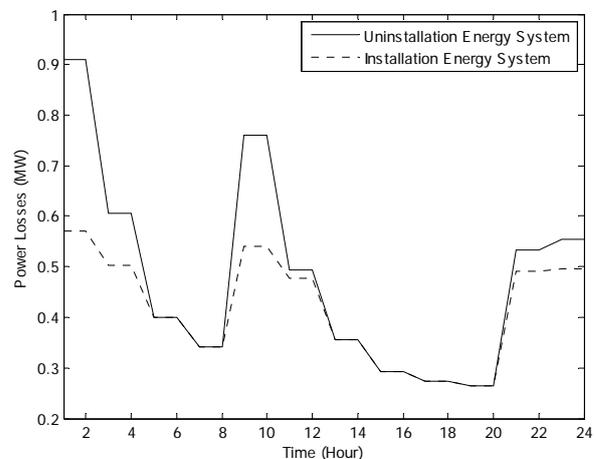
4.4 กรณีมีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณา กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง

ผลการทดสอบระบบในกรณีไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานและพิจารณา กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งแสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีที่ 2 แต่จะมีกำลังไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่สูญเสียไปในสายส่งเกิดขึ้นจากการส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายส่งไปยังโหลด

สำหรับกำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมภายในระบบตลอด 1 วัน ที่เกิดขึ้นในระบบแสดงดังตารางที่ 3 กรณีที่ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน กำลังไฟฟ้าสูญเสียจะมีมากกว่ากรณีที่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน เมื่อโหลดมีความต้องการปริมาณกำลังไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้ในระบบ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงกรณีที่ไม่มีติดตั้งระบบสะสมพลังงานจะมากกว่ากรณีที่ติดตั้งระบบสะสมพลังงาน และถ้าระบบมีปริมาณ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตมากกว่าความต้องการกำลังไฟฟ้าของโหลด กำลังไฟฟ้าสูญเสียกรณีไม่ติดตั้งระบบสะสมพลังงานจะมากกว่ากรณี ติดตั้งระบบสะสมพลังงานเช่นเดียวกัน โดยแสดงดังรูปที่ 8

ตารางที่ 3 กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมภายในระบบ ตลอด 1 วัน

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมภายในระบบ ตลอด 1 วัน (MW)	
ไม่มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน	มีการติดตั้งระบบสะสมพลังงาน
11.5625	10.0056



รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งระบบสะสมพลังงาน

5. สรุป

การสะสมพลังงานในระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่มีผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากนั้น เป็นการจัดการบริหารพลังงานอย่างหนึ่งเพื่อให้ระบบมีกำลังไฟฟ้าสำรองไว้รองรับความต้องการกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ตลอดเวลา การติดตั้งระบบสะสมพลังงานสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งได้ เพราะในช่วงเวลาที่ความต้องการของโหลดมีปริมาณน้อย กำลังไฟฟ้าที่เหลือในระบบจะไหลกลับคืนหรือขายคืนสู่สถานีไฟฟ้าย่อยทำให้ช่วงเวลาที่กำลังไฟฟ้าไหลคืนระบบเกิดการสูญเสียในสายส่ง ถ้ามีการติดตั้งระบบสะสมพลังงานก็จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่เหลือถูกเก็บสะสมไว้ใช้ในอนาคตและการสูญเสียในสายส่งจะลดลง

6. เอกสารอ้างอิง

1. C. Chompoo-inwai, M. Leelajindakrairerk, S. Banjongjit, P. Fuangfoo and Wei-Jen Lee, "Biomass power generation development in Thailand", Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES '09. IEEE, July 2009, pp. 1 - 4
2. PI-Yop Chung WenxinLiu Cartes and K. D.A. Schoder, "Control parameter optimization for a microgrid system using particle swarm optimization", Sustainable Energy Technologies, Sustainable Energy Technologies, 2008. ICSET 2008. IEEE International Conference , Nov. 2008, pp. 837-842
3. F. Katiraei and M.R. Iravani, "Micro-Grid autonomous operation during and subsequent to islanding process", IEEE Trans. Power De-livery, Vol. 20 , Jan. 2005, pp. 248-257
4. สรญา ยงประยูร, "เอกสารระบบสะสมพลังงาน (Energy Storage)", คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมฯ, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง ,ลำปาง
5. F. Katiraei and M.R. Iravani "Power management strategies for a Micro-grid with multiple distributedgeneration units", IEEE Trans. Power System, Vol. 21 , Nov. 2006, pp. 1821-1831
6. C. Gonggui and Y. Junjie, "A new particle Swarm Optimization Solution to Optimal reactive power Flow