

ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า



นางสาว ชนิษฐา วรรณคำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPACT OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS
ON GENERATION SYSTEM RELIABILITY

Miss. Khanittha Wannakam



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความ
เชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

โดย

นางสาว ชนิษฐา วรรณคำ

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุรัชย์ ชัยทัศน์)

 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ)

 กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.วิรินทร์ หวังจิรนนท์)

ชนิษฐา วรรณคำ : ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า. (IMPACT OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS ON GENERATION SYSTEM RELIABILITY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ , 96 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการประเมินคุณค่าของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และผลกระทบที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า โดยพลังงานหมุนเวียนที่พิจารณาประกอบด้วย พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และพลังชีวมวล การประมาณค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าในเวลาต่างๆ จากพลังลมและแสงอาทิตย์จะอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น ฟังก์ชันการกระจายแบบไวบูลล์ ทั้งนี้การประมาณค่าดังกล่าวจะอาศัยสถิติที่มีการบันทึกไว้จริงในประเทศไทยมาประกอบ จากนั้นจึงนำไปใช้ประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อระบบผลิตไฟฟ้าตามวิธีการพื้นฐานของความน่าจะเป็น

หลักการและวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะนำไปทดสอบกับระบบผลิตไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ผลการศึกษาจะทำให้ทราบถึงคุณค่า และผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อกำหนดแนวทางส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อนิสิต.....พินิจญา.....วรรณคำ.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....[Signature].....
ปีการศึกษา.....2553.....

5170235121 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : RENEWABLE ENERGY / WORTH / RELIABILITY INDEX

KHANITTHA WANNAKAM: IMPACT OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS
ON GENERATION SYSTEM RELIABILITY. ADVISOR: PROF. BUNDHIT EUA-
ARPORN, Ph.D., 96 pp.

This thesis presents reliability worth calculation methodology of electricity generation from renewable energy comprising wind, solar, hydro and biomass. In addition their impacts on generation system are also analyzed. Chronological electricity generation profile of wind and solar energy is estimated using a mathematical model, i.e. Weibull distribution function, together with actual statistics collected in Thailand. Then, worth and impact of each generation type are analyzed based on probabilistic calculation basis.

The presented concept and methodology is tested with a modified generation system of Thailand. The obtained results illustrates the worth and impact of each renewable energy type on the generation system, which can be used as a guideline to promote renewable energy development in the future.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Electrical Engineering

Field of Study : Electrical Engineering

Academic Year : ..2010.....

Student's Signature Khanittha Wannakam

Advisor's Signature B. Eua.arporn

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ ดร.สุรัชย์ ชัยทัศน์ีย์ ผศ. ดร.แนบบุญ หุ่นเจริญ และ ดร.วีรินทร์ หวังจิรนนท์ ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อประสานงานต่างๆ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา, พี่ชาย และ น้องๆในห้องปฏิบัติการวิจัย ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา และผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ รัชชนัย นิธิฤทธิไกร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาทำการวิจัยนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	3
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	4
1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	4
2 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบผลิตไฟฟ้ากำลัง แบบจำลอง อุปกรณ์ และแบบจำลองโหลด.....	6
2.1 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	6
2.2 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์.....	8
2.3 แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า.....	9
2.3.1 แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ.....	9
2.3.2 แบบจำลองมาร์คอฟ 2 สถานะ (2-state Markov model).....	11
2.3.3 ตารางความน่าจะเป็นในการขาดกำลังการผลิต.....	12
2.4 แบบจำลองของโหลด.....	13
2.4.1 เส้นโค้งช่วงระยะเวลาของโหลด (Load duration curve).....	14
2.5 สรุป.....	15
3 หลักการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน.....	16

บทที่	หน้า
3.1 พลังงานลม.....	16
3.1.1 เทคโนโลยีกังหันลม.....	16
3.1.2 การกระจายข้อมูลแบบไวบูลล์.....	17
3.1.3 ช่วงการทำงานของกังหันลม.....	18
3.1.4 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม.....	18
3.1.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม.....	19
3.2 พลังงานแสงอาทิตย์.....	22
3.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หรือโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic, PV).....	22
3.2.2 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์.....	23
3.2.3 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์.....	25
3.3.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	25
3.3 พลังงานน้ำ.....	27
3.3.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ.....	28
3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานน้ำ.....	28
3.3.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	29
3.4 พลังงานจากชีวมวล.....	31
3.4.1 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล.....	31
3.4.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล.....	31
3.4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	32
3.5 สรุป.....	33
4 หลักการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า.....	34
4.1 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า.....	34
4.1.1 การคำนวณค่าดัชนี Loss of Load Expectation (LOLE).....	34
4.1.2 การคำนวณค่าดัชนี Expected Energy not Supply (EENS).....	35
4.2 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า.....	36
4.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า.....	38
4.4 สรุป.....	43
5 หลักการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน.....	44
5.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน.....	44

บทที่	หน้า
5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน.....	46
5.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานลม.....	46
5.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์.....	48
5.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานน้ำ.....	50
5.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานชีวมวล.....	52
5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน.....	54
5.3.1 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม.....	55
5.3.2 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์.....	56
5.3.3 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	57
5.3.4 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	58
5.3.5 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ.....	59
5.3.6 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า กรณีที่มีการ ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน.....	60
5.4 การวิเคราะห์คุณค่าต่อลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก.....	62
5.4.1 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม.....	62
5.4.2 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์.....	62
5.4.3 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานน้ำ.....	63
5.4.4 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานชีวมวล.....	64
5.5 สรุป.....	64
6 ผลการทดสอบ.....	65
6.1 ผลการทดสอบ.....	65
6.1.1 คุณค่าของพลังงานลม กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม.....	66
6.1.2 คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์ แสงอาทิตย์.....	67
6.1.3 คุณค่าของพลังงานน้ำ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	69
6.1.4 คุณค่าของพลังงานชีวมวล กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล....	71
7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	75
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	75
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	76

บทที่	หน้า
รายการอ้างอิง.....	77
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก.....	80
ภาคผนวก ข.....	84
ภาคผนวก ค.....	89
ภาคผนวก ง.....	90
ภาคผนวก จ.....	93
ภาคผนวก ฉ.....	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	96



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานลมจากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ตกับข้อมูลจากการทดสอบ.....	21
ตารางที่ 3.2	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จากโรงไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนลลรินธร ปี พ.ศ. 2550 กับข้อมูลจากการทดสอบ...	27
ตารางที่ 4.1	ตาราง COPT ของระบบทดสอบ IEEE Reliability Test System.....	39
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงผลคำนวณดัชนี EENS และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า.....	40
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงดัชนีEENS, LOLE และพลังงานที่ผลิตได้ของระบบทดสอบ IEEE-RTS.....	42
ตารางที่ 5.1	กรณีฐานของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS.....	54
ตารางที่ 5.2	กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม.....	55
ตารางที่ 5.3	กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์.....	56
ตารางที่ 5.4	กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	57
ตารางที่ 5.5	กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	58
ตารางที่ 5.6	กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ.....	59
ตารางที่ 5.7	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานลมที่มีต่อคุณค่าของระบบ..	62
ตารางที่ 5.8	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อคุณค่า ของระบบ.....	63
ตารางที่ 5.9	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานน้ำที่มีต่อคุณค่าของระบบ..	63
ตารางที่ 5.10	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานชีวมวลที่มีต่อคุณค่าของ ระบบ.....	64
ตารางที่ 6.1	กรณีฐานของระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย....	65
ตารางที่ 6.2	คุณค่าของพลังงานลมต่อระบบผลิตไฟฟ้า.....	66
ตารางที่ 6.3	คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อระบบผลิตไฟฟ้า.....	68
ตารางที่ 6.4	คุณค่าของพลังงานน้ำต่อระบบผลิตไฟฟ้า.....	70
ตารางที่ 6.5	คุณค่าของพลังงานชีวมวลต่อระบบผลิตไฟฟ้า.....	72

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ขอบเขตการทำงานพื้นฐานในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	7
รูปที่ 2.2	แบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับชั้นที่ 1.....	7
รูปที่ 2.3	แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า.....	8
รูปที่ 2.4	ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า.....	9
รูปที่ 2.5	การทำงานค่าสถานะการทำงานของเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า.....	10
รูปที่ 2.6	แบบจำลองมาร์คอฟฟี 2 สถานะสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	11
รูปที่ 2.7	ลักษณะโหลดสูงสุดประจำชั่วโมง.....	14
รูปที่ 2.8	เส้นโค้งช่วงระยะเวลาของโหลด.....	14
รูปที่ 3.1	กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง.....	17
รูปที่ 3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตไฟฟ้า.....	18
รูปที่ 3.3	การสุ่มค่าความเร็วลม.....	20
รูปที่ 3.4	การแปลงความเร็วลมสู่กำลังผลิตไฟฟ้า.....	20
รูปที่ 3.5	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW.....	21
รูปที่ 3.6	ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....	23
รูปที่ 3.7	ความเข้มแสงอาทิตย์ในวันหนึ่งของปีโดยใช้ข้อมูลจากโปรแกรม HOMER...	24
รูปที่ 3.8	การบ่อนค่าพิกัดประเทศไทยบนโปรแกรม Homer.....	25
รูปที่ 3.9	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากการจำลองของโปรแกรม Homer.....	26
รูปที่ 3.10	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1kW.....	26
รูปที่ 3.11	ผลจากการตัดยอดโหลดของสัปดาห์ที่ 1.....	30
รูปที่ 3.12	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ.....	30
รูปที่ 3.13	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล.....	32
รูปที่ 4.1	การคำนวณค่าดัชนี LOLE.....	34
รูปที่ 4.2	การคำนวณค่าดัชนี EENS.....	35
รูปที่ 4.3	แผนภาพค่าใช้จ่ายในการผลิต (Production cost).....	37
รูปที่ 4.4	โหลดรายชั่วโมงของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS.....	39
รูปที่ 5.1	แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานลม.....	47
รูปที่ 5.2	แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์.....	49

รูปที่ 5.3	แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานน้ำ.....	51
รูปที่ 5.4	แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานชีวมวล.....	53
รูปที่ 5.5	ดัชนี LOLE ของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน.....	60
รูปที่ 5.6	ดัชนี EENS ของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน.....	60
รูปที่ 5.7	คุณค่าของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน.....	61
รูปที่ 6.1	ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม.....	66
รูปที่ 6.2	ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม.....	67
รูปที่ 6.3	คุณค่าของระบบกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม.....	67
รูปที่ 6.4	ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	68
รูปที่ 6.5	ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	69
รูปที่ 6.6	คุณค่าของระบบกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์.....	69
รูปที่ 6.7	ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	70
รูปที่ 6.8	ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	71
รูปที่ 6.9	คุณค่าของระบบกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ.....	71
รูปที่ 6.10	ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	72
รูปที่ 6.11	ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	73
รูปที่ 6.12	คุณค่าของระบบกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล.....	73

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ส่วนในหัวข้อสุดท้ายจะกล่าวถึงเนื้อหาในแต่ละบทที่จะนำเสนอต่อไป

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน การพัฒนาเทคโนโลยี อุปกรณ์หรือเครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ต้องการแหล่งพลังงานซึ่งอยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าจึงจัดเป็นสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ทำให้ต้องมีการวางแผนให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดและสอดคล้องกับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี

การผลิตพลังงานไฟฟ้าต้องอาศัยการเปลี่ยนรูปพลังงานรูปอื่น ๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น การเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งต้องอาศัยแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยนับจากอดีตถึงปัจจุบัน แหล่งพลังงานสำคัญที่สุดที่นำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า คือ เชื้อเพลิงฟอสซิล อันได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าอื่น ๆ อีก เช่น พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ

พลังงานหมุนเวียนเกิดจากแหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นซ้ำเรื่อย ๆ ไม่หมดไป เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ความร้อนจากใต้พิภพ ชีวมวลหรือพวกของเสียจากการกลั่นกรอง เป็นต้น ปัจจุบันทั่วโลกกำลังมีความสนใจในเรื่องการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable development) [1] ซึ่งเรื่อง พลังงานหมุนเวียน ก็ถือเป็นหัวใจหลักของการพัฒนาดังกล่าวควบคู่กับการนำวัตถุดิบมาใช้ใหม่ เนื่องจากพลังงานหมุนเวียนจะไม่มีวันหมดไป แต่จะเกิดเวียนซ้ำ ดังนั้นความสำคัญของพลังงานหมุนเวียนจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างมาก

สำหรับในประเทศไทยนั้น พลังงานที่ใช้ประโยชน์ในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะถูกพัฒนามากขึ้นในอนาคต ประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล เนื่องจากการที่พลังงานหมุนเวียนเหล่านี้ ไม่สามารถทำการกำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการได้ เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยปราศจากแสงอาทิตย์ หรือ กังหันลม ไม่สามารถกำหนดการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่างแน่นอนเนื่องจากความเร็วลมมีค่าไม่คงที่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่อ้างอิงกับธรรมชาติ เป็นต้น ในการสนับสนุนพลังงานหมุนเวียนให้เกิดขึ้นในประเทศ จึงสมควรต้องมีการศึกษาถึงคุณค่าทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสังคมสิ่งแวดล้อม

และด้านวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อทำการประเมินคุณค่า และศึกษาผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมต่อไป

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่ใช้ในการพิจารณาประกอบด้วย การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล ปัจจุบันมีงานวิจัยหลากหลายรูปแบบที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมมักจะพิจารณาลักษณะการกระจายข้อมูลความเร็วลมที่ตรวจวัดได้เป็นการกระจายแบบ Weibull และการกระจายแบบ Rayleigh [2] แล้วนำไปเทียบกับกราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลมที่จะเลือกใช้ เพื่อแปลงค่าเป็นกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงที่พิจารณา ในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกใช้การพิจารณาเป็นการกระจายแบบ Weibull เนื่องจากมีการศึกษาแล้วพบว่าสามารถจำลองข้อมูลความเร็วลมออกมาใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากกว่าการกระจายแบบ Rayleigh

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มักจะพิจารณาข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบน PV จากชนิดและคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้ ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้ผลิต [3] โดยจะพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ศึกษา แล้วใช้สมการในการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์จากผลการคำนวณของโปรแกรม HOMER โดยจะใช้ข้อมูลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลโดยดาวเทียม เพื่อคำนวณหาลำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาที่พิจารณา

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำมักจะพิจารณาถึงข้อจำกัดของพลังงาน โดยจะใช้วิธีการ Peak Shaving [4] ซึ่งเป็นวิธีนำการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำไปหักออกจากโหลดความต้องการใช้ไฟฟ้า แต่เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาการผลิตไฟฟ้ารายชั่วโมงจึงใช้วิธีการนำค่ากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำไปหักออกจากค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าประจำชั่วโมง จะได้ช่วงเวลาในการผลิตไฟฟ้า

สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลจะพิจารณาการผลิตไฟฟ้า โดยเฉลี่ยค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ จากค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor)

ตามปกติค่าที่แสดงถึงความเพียงพอของระบบไฟฟ้าอาจวัดผ่านดัชนีที่แสดงถึงความเสถียรที่ระบบผลิตไฟฟ้าจะมีพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้า [5] ทั้งนี้ดัชนีที่ใช้กันทั่วไปใน

ระดับสากล คือ Loss of Load Expectation (LOLE) และ Expected Energy Not Supplied (EENS) ซึ่งเป็นดัชนีที่นำเอาปริมาณความต้องการไฟฟ้า และสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละโรงไฟฟ้ามาประกอบการพิจารณา [6-8] ซึ่งจะประเมินคุณค่าของการผลิตไฟฟ้า และผลกระทบที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยวิธีการทางความน่าจะเป็น (Probabilistic method)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการทางความน่าจะเป็นดังกล่าว มาทดสอบกับระบบไฟฟ้าไทย ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงคุณค่า และผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมต่อไป อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์นี้ได้คำนึงถึงความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่อย่างใด

1.3 วัตถุประสงค์

- 1) ประเมินผลกระทบด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท ประกอบด้วย พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และพลังชีวมวล ที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า
- 2) นำเสนอวิธีการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทต่อระบบผลิตไฟฟ้า
- 3) วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า เมื่อเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน
- 4) ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณค่าความเชื่อถือได้ คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนต่อระบบผลิตไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

- 1) พิจารณาพลังงานหมุนเวียน สี่ประเภท ได้แก่ พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และพลังชีวมวล
- 2) ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลของประเทศไทย ได้แก่ ข้อมูลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ศักยภาพของพลังงานหมุนเวียน และข้อมูลของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย
- 3) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลระบบการผลิตไฟฟ้าของไทย ในลักษณะเป็นข้อมูลทุติยภูมิ โดยไม่ได้เป็นการเก็บสถิติการทำงานจากโรงไฟฟ้าโดยตรง
- 4) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้แยกตามประเภทของพลังงานหมุนเวียน
- 5) การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าจะไม่คำนึงถึงผลจากสายส่งและสายจำหน่าย

- 6) การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจะไม่คำนึงถึงความคุ้มค่าของการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

1.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน

- 1) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้สำหรับระบบผลิตไฟฟ้ากำลัง
- 2) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบที่จะนำมาใช้ทดสอบ และข้อมูลอื่นๆที่จำเป็น
- 3) การวิเคราะห์ลักษณะกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท
- 4) ประเมินผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า
- 5) การวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนต่อระบบผลิตไฟฟ้า
- 6) ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

- 1) สามารถประเมินคุณค่า และผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า
- 2) สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการวางแผน หรือกำหนดนโยบายในการส่งเสริมพลังงานหมุนเวียน

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต รวมทั้งขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า และแบบจำลองโหลดเพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้

บทที่ 3 กล่าวถึงแนวคิดและหลักการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้า เพื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ โดยจะแสดงขั้นตอนการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนทั้งสี่ประเภท รวมทั้งตรวจสอบผลการคำนวณกับข้อมูลที่บันทึกไว้ให้สอดคล้องกัน

บทที่ 4 กล่าวถึงระเบียบวิธีการที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ประกอบด้วยดัชนี Loss of Load Expectation และดัชนี Expected Energy Not Supply เพื่อใช้ในการประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่สามารถผลิตได้ของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายออกมาใช้ประกอบ

กับการประเมินค่าใช้จ่าย และคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งศึกษาผลกระทบที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอนและแนวทางการประเมินคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน โดยจะใช้การผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนจากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 มาประกอบในการพิจารณาขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มเข้าสู่ระบบผลิตไฟฟ้า

บทที่ 6 แสดงผลการทดสอบโดยใช้ระเบียบวิธีการคำนวณซึ่งนำมาทดสอบกับระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

บทที่ 7 สรุปและให้ข้อเสนอแนะสำหรับพัฒนาต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบผลิตไฟฟ้ากำลัง แบบจำลองอุปกรณ์ และแบบจำลองโหลด

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า และแบบจำลองโหลดเพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้

2.1 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง

โดยทั่วไปสามารถแบ่งการพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังได้ดังนี้ [5,9]

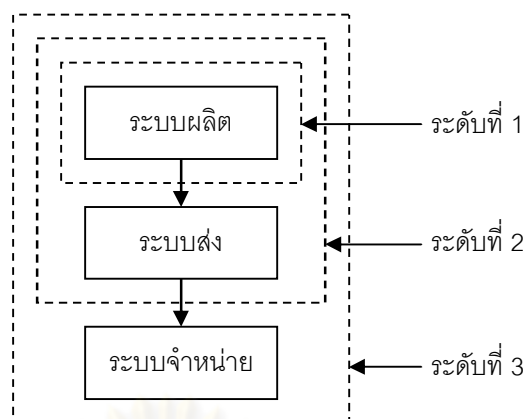
1) ความเพียงพอของระบบ (System adequacy)

หมายถึง ความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่จะสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าและพลังงานทั้งหมดได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยที่อุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลังยังคงทำงานภายในพิกัดและมีระดับแรงดันอยู่ในช่วงที่กำหนด การศึกษาความเชื่อถือได้ที่เกี่ยวข้องกับความเพียงพอของระบบ เป็นการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังในสภาวะอยู่ตัว (Steady-state condition) เพื่อทำการตรวจสอบปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

2) ความมั่นคงของระบบ (System security)

หมายถึง ความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดซึ่งเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น เกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบหรืออุปกรณ์ในระบบ เกิดขาดช่องทันทีทันใดโดยไม่ทราบล่วงหน้า เป็นต้น การศึกษาความเชื่อถือได้ในด้านความมั่นคงของระบบจะทำการวิเคราะห์ในสภาวะพลวัต (Dynamic condition)

ในการวางแผนการผลิตไฟฟ้านั้นจะคำนึงถึงความเชื่อถือได้ในแง่ของความเพียงพอของระบบเป็นหลัก โดยที่จะต้องมีการเพิ่มโรงไฟฟ้าเข้ามาในระบบเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป เราสามารถจำแนกหน้าที่การทำงานของระบบไฟฟ้ากำลังได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ดังนั้นในการศึกษาความเชื่อถือได้จึงสามารถแบ่งระดับขึ้นในการศึกษาได้ 3 ระดับ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขอบเขตการทำงานพื้นฐานในระบบไฟฟ้ากำลัง

จากขอบเขตการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.1 หากพิจารณาในแง่การประเมินความเชื่อถือได้โดยรวมแล้วจะสามารถแบ่งลำดับชั้น (Hierarchical level: HL) ของการศึกษาได้เป็น 3 ระดับ [9] ดังนี้

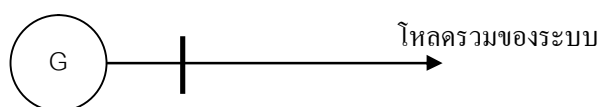
ลำดับชั้นที่ 1 (Hierarchical Level One: HL1) เป็นการพิจารณาเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้า

ลำดับชั้นที่ 2 (Hierarchical Level Two: HL2) เป็นการพิจารณาระบบผลิตไฟฟ้าร่วมกับระบบส่งไฟฟ้า

ลำดับชั้นที่ 3 (Hierarchical Level Three: HL3) เป็นการพิจารณารวมทั้ง 3 ระบบ คือ ระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ในการวางแผนกำลังการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นการศึกษาระดับชั้นที่ 1 คือ พิจารณาเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าเพียงระบบเดียวซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสามารถของระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลัง และเป็นการหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบ อันเป็นผลเนื่องจากสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจทำให้กำลังการผลิตรวมของระบบไม่เพียงพอต่อความต้องการของโหลด ในการสร้างแบบจำลองจะพิจารณารายละเอียดเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแบบจำลองความต้องการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นจึงสามารถจำลองระบบที่ทำการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับชั้นที่ 1 ได้ดังรูปที่ 2.2

กำลังการผลิตไฟฟ้ารวมของระบบ



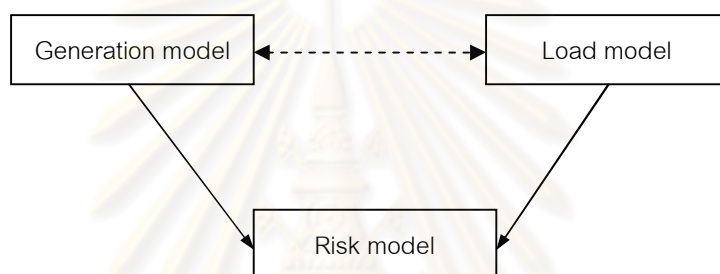
รูปที่ 2.2 แบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับชั้นที่ 1

2.2 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์

การพิจารณาค่ากำลังผลิตที่เพียงพอกับความต้องการไฟฟ้านั้น เป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการวางแผนกำลังผลิตในระบบไฟฟ้า การพิจารณาหาความเพียงพอของการผลิตจะมีการสร้างแบบจำลองพื้นฐานเพื่อเป็นตัวแทนของระบบไฟฟ้าที่จำเป็น 3 ส่วน [5,9] ได้แก่

- 1) แบบจำลองการผลิต (Generation model)
- 2) แบบจำลองโหลด (Load model)
- 3) แบบจำลองความเสี่ยง (Risk model)

โดยแบบจำลองการผลิตและโหลด จะถูกนำมารวมกันเป็นแบบจำลองของความเสี่ยงที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินค่าความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.3 แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าสามารถแสดงได้โดยการสร้างตารางความน่าจะเป็นของการขาดกำลังการผลิต (Capacity Outage Probability Table: COPT) โดยตารางนี้จะแสดงสถานะกำลังการผลิตที่เกิดเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้ทั้งหมด อีกทั้งยังแสดงค่าความน่าจะเป็นและความถี่ของการเกิดสถานะต่างๆ ดังกล่าว ส่วนแบบจำลองของโหลดนั้นสามารถพิจารณาได้หลายแบบ ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของโหลดสูงสุดรายวัน (Daily peak load variation curve) ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะโหลดสูงสุดรายวันเท่านั้น หรือโหลดที่เวลาต่างๆ (Load Duration Curve: LDC) ซึ่งพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของโหลดทุกๆ ชั่วโมงหรือทุกๆ วัน ส่วนแบบจำลองความเสี่ยงนั้น สามารถคำนวณได้โดยการรวมแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าและแบบจำลองของโหลดเข้าด้วยกัน ซึ่งก็จะทำให้สามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าได้ในที่สุด

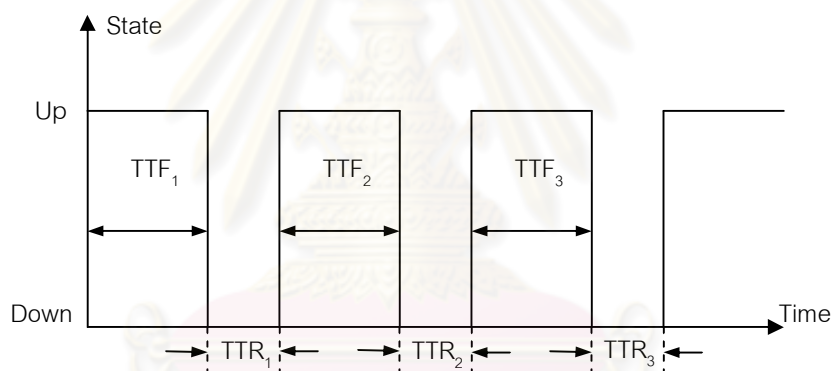
2.3 แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า

การสร้างแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้านั้นสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ส่วน คือ แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ แบบจำลองมาร์คอฟฟี 2 สถานะ และตารางความน่าจะเป็นในการขาดกำลังการผลิต ดังต่อไปนี้

2.3.1 แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ

การทำงานของอุปกรณ์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 พบว่าการทำงานปกติของอุปกรณ์มีลักษณะเป็นช่วงตามคาบเวลาที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-periodic) ประกอบด้วยสถานะทำงานปกติ “สถานะดี” (Operable state) สลับกับสถานะขัดข้อง “สถานะเสีย” (Failed state) โดย “สถานะเสีย” นั้นมักเกิดจากการที่อุปกรณ์ขัดข้องหรือเสียหายแต่หลังจากทำการซ่อมแซมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้งานได้ต่อไป [5,9]

หากพิจารณาอุปกรณ์ที่มีแบบจำลองการทำงานเป็นแบบ 2 สถานะ คือ “ดี” และ “เสีย” จะพบว่าการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้จะมีลักษณะเป็นวัฏจักรของเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.4



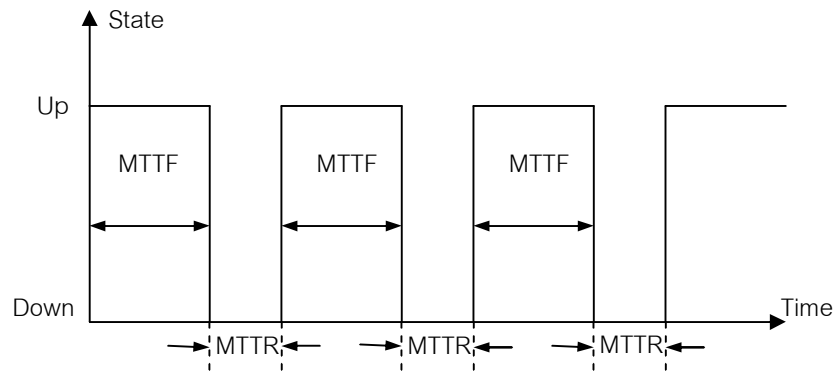
รูปที่ 2.4 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

โดยที่

TTF_i คือ ระยะเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ “ดี” ซึ่งสามารถทำงานได้ในครั้งที่ i

TTR_i คือ ระยะเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ “เสีย” ซึ่งแสดงถึงระยะเวลาในการซ่อมแซมอุปกรณ์ ครั้งที่ i

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าช่วงเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ “ดี” และช่วงเวลาที่ระยะเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ “เสีย” ในแต่ละช่วงอาจจะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นในการพิจารณาแบบจำลองของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบเพื่อเป็นตัวแทนการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวในระยะยาวจะใช้ค่าประมาณเป็นระยะเวลาเฉลี่ยในสถานะ “ดี” และระยะเวลาเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ “เสีย” ส่วนช่วงคาบเวลาแสดงพฤติกรรมของอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นคาบเวลาสม่ำเสมอ (Periodic) แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานค่าสถานะการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า

โดยที่

MTTF คือ ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ "ดี" (ค่าเฉลี่ยของ TTF_i)

MTTR คือ ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะ "เสีย" (ค่าเฉลี่ยของ TTR_i)

แนวคิดทางด้านความถี่และช่วงเวลางานของอุปกรณ์สามารถอธิบายได้โดยอาศัยแบบจำลองของอุปกรณ์ที่สามารถซ่อมได้ (Repairable component) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นว่า สถานะการทำงานของอุปกรณ์มี 2 สถานะคือ ดี (Up) และ เสีย (Down) [9] ดังนั้น หากกำหนดให้

P (s) คือ ความน่าจะเป็นของภาวะที่อยู่ในสถานะ s

M (s) คือ ช่วงเวลาโดยเฉลี่ยที่จะอยู่ในสถานะ s

T (s) คือ ช่วงเวลาโดยเฉลี่ยเมื่อกลับมาสู่สถานะ s อีกครั้ง หรือคาบของเวลา

$$P(s) = \frac{M(s)}{T(s)} \quad (2.1)$$

จากรูปที่ 2.5 ความน่าจะเป็นที่จะอยู่ในสถานะ "ดี (Up) " และ สถานะ "เสีย (Down) " แสดงได้ดังสมการที่ (2.1) คือ

$$P_{Up} = \frac{m}{m+r} \quad ; \quad P_{Down} = \frac{r}{m+r} \quad (2.2)$$

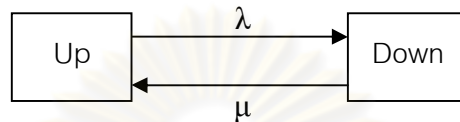
โดยที่

m คือ MTTF ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะดี

r คือ MTTR ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่อุปกรณ์อยู่ในสถานะเสีย

2.3.2 แบบจำลองมาร์คอฟ 2 สถานะ (2-state Markov model)

โดยทั่วไปลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีลักษณะการทำงานเป็นคาบเวลาระหว่างสถานะที่ทำงานได้และทำงานไม่ได้สลับกันไป โดยสถานะที่ทำงานไม่ได้นั้นมักเกิดจากการที่อุปกรณ์ขัดข้องหรือเสียหายแต่หลังจากทำการซ่อมแซมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็สามารถใช้งานได้ต่อไปเราสามารถแสดงแบบจำลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยอาศัยแบบจำลองมาร์คอฟ 2 สถานะ [5,9] ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แบบจำลองมาร์คอฟ 2 สถานะสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

พิจารณาแบบจำลองมาร์คอฟ 2 สถานะในรูปที่ 2.6 จากการประยุกต์ใช้เมตริกซ์ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะแบบ Stochastic (Stochastic transitional probability matrix) สำหรับกระบวนการมาร์คอฟแบบต่อเนื่อง (Continuous Markov process) เราจะได้สมการการเปลี่ยนสถานะแบบ Stochastic (Stochastic transition equation) คือ

$$\begin{bmatrix} 1-\lambda & \mu \\ \lambda & 1-\mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{Up} \\ P_{Down} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{Up} \\ P_{Down} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

และสมการตามกฎของความน่าจะเป็นคือ $P_{Up} + P_{Down} = 1$

โดยที่

P_{Up} คือ ความน่าจะเป็นในสถานะอยู่ตัว (steady state) ที่อุปกรณ์จะอยู่ในสถานะดี

P_{Down} คือ ความน่าจะเป็นในสถานะอยู่ตัว (steady state) ที่อุปกรณ์จะอยู่ในสถานะเสีย

λ คือ อัตราการเสีย (Failure rate) หรืออัตราการออกจากสถานะดี

μ คือ อัตราการซ่อม (Repair rate) หรืออัตราการเข้าสู่สถานะดี

ผลลัพธ์ของสมการที่ 2.3 คือ

$$P_{Up} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad ; \quad P_{Down} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.3 และ 2.4 ค่า P_{Down} คือ ค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะอยู่ในสถานะเสีย หรือเรียกว่า ค่า FOR (Forced Outage Rate) ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะที่ไม่สามารถทำงานได้ภายในช่วงเวลาการทำงานทั้งหมดโดยช่วงเวลาการทำงานทั้งหมดคือผลรวมของเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกกำหนดให้ทำงาน โดยไม่คำนึงถึงการที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสามารถทำงานตามที่กำหนดได้หรือไม่ ซึ่งสามารถเขียนดัง สมการ 2.5

$$FOR = \left(\frac{FOH}{FOH + SH} \right) \times 100 \quad (2.5)$$

โดยที่

FOH คือ ระยะเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะไม่พร้อมใช้งานทั้งที่ไม่ได้วางแผน

SH คือ ระยะเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะทำงาน

ในทางตรงกันข้าม ค่า P_{Up} คือ ค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะสามารถทำงานได้ โดยปกติแล้วค่าความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆและอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างสถานะต่างๆนั้น เราสามารถทราบได้จากสถิติการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องซึ่งโดยทั่วไปหน่วยงานที่รับผิดชอบจะมีการบันทึกไว้

2.3.3 ตารางความน่าจะเป็นในการขาดกำลังการผลิต

การคำนวณความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้านั้น ขั้นแรกจะต้องสร้างแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้าขึ้นมาก่อน โดยการสร้างเป็นตารางการขาดกำลังการผลิตขนาดต่างๆกันที่มีโอกาสเกิดขึ้นเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบเกิดเหตุขัดข้อง ตารางดังกล่าวประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนคือ ความน่าจะเป็นและความถี่ของค่ากำลังผลิตที่อาจจะเกิดเหตุขัดข้องหรือค่ากำลังผลิตที่ใช้งานได้ ซึ่งจะได้อธิบายดังนี้

การสร้างแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนของความน่าจะเป็น เรียกว่า การสร้างตารางความน่าจะเป็นในการขาดกำลังการผลิต หรือตาราง COPT (Capacity Outage Probability Table) โดยการสร้างตาราง COPT จะอาศัยวิธีการคำนวณซ้ำขั้นตอนเดิม (Recursive method) โดยมีหลักการคือ การเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบเข้าไปในการคำนวณเพื่อคำนวณหาความน่าจะเป็นที่ขาดกำลังการผลิตในแต่ละระดับกำลังไฟฟ้าเนื่องจากการที่ระบบสูญเสียเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จนครบทุกเครื่องที่มีอยู่ในระบบหลังจากดำเนินการครบขั้นตอนดังกล่าวจะได้ผลลัพธ์เป็นตาราง COPT ของระบบผลิตไฟฟ้า [5,9] ส่วนต่อไปนี้จะนำเสนอถึงวิธีการสร้างตาราง COPT ในกรณีที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีลักษณะการทำงานแบบ 2 สถานะคือ ดี และเสีย ที่นิยามตามแบบจำลองมาร์คอฟฟ์ ดังต่อไปนี้

เราสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability) ของสถานะกำลังการผลิตที่เกิดขัดข้อง X MW หลังจากรวมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด C MW ซึ่งมีค่า $FOR = U$ เข้าไปแล้วได้ตามสมการที่ 2.6 คือ

$$P(X) = (1 - U)P'(X) + UP'(X - C) \quad (2.6)$$

โดยที่

$P'(X)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมของสถานะกำลังผลิตที่เกิดเหตุขัดข้องขนาด X MW ก่อนเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด C MW

$P(X)$ คือ ความน่าจะเป็นสะสมของสถานะกำลังผลิตที่เกิดเหตุขัดข้องขนาด X MW หลังเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด C MW

โดยกำหนดให้ค่าเริ่มต้น (Initial condition) คือ $P(X) = 1.0$ เมื่อ $X \leq 0$ และ $P(X) = 0$ เมื่อ $X > 0$

นอกจากนี้เราสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะกำลังการผลิต (Individual probability) ที่เกิดขัดข้อง X MW หลังจากรวมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด C MW ซึ่งมีค่า $FOR = U$ ได้ตามสมการที่ 2.7 คือ

$$p(X) = (1 - U)p'(X) + Up'(X - C) \quad (2.7)$$

โดยที่

$p(X)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของสถานะกำลังผลิตที่เกิดเหตุขัดข้องขนาด X MW หลังจากเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด C MW

$p'(X)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นของสถานะกำลังผลิตที่เกิดเหตุขัดข้องขนาด X MW ก่อนเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

C คือ ขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า (MW) ที่กำลังเพิ่มเข้าสู่การสร้าง COPT

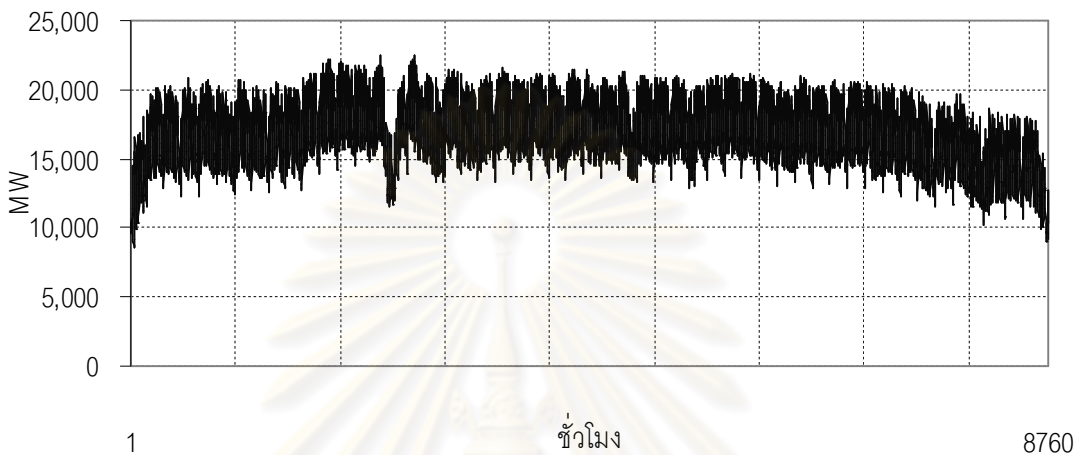
โดยกำหนดให้ค่าเริ่มต้น (Initial condition) คือ $p(X) = 1.0$ เมื่อ $X = 0$ และ $p(X) = 0$ เมื่อ $X \neq 0$

2.4 แบบจำลองของโหลด

ในการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปมีการเลือกใช้โหลดลักษณะต่างๆ ตามความเหมาะสม [9] ประกอบด้วย

- 1) โหลดสูงสุดประจำเดือน (Monthly Load Curve)
- 2) โหลดสูงสุดประจำวัน (Daily Load Curve)
- 3) โหลดสูงสุดประจำชั่วโมง (Hourly Load Curve)

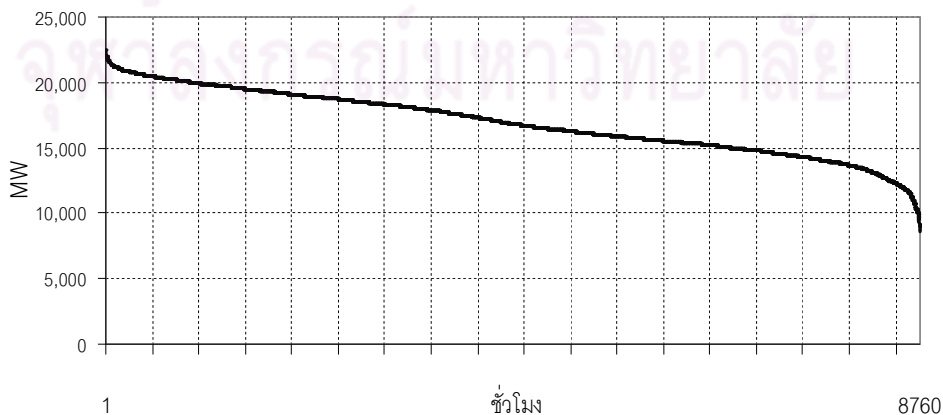
แบบจำลองของโหลดอาจสร้างขึ้นจากการพิจารณาข้อมูลประเภทต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตามถ้าเลือกพิจารณารายละเอียดของโหลดเป็นแบบรายชั่วโมงดังรูปที่ 2.7 ก็จะส่งผลให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่คำนวณได้มีความละเอียดมากกว่าการนำรายละเอียดของโหลดอีก 2 ประเภทมาพิจารณา ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้โหลดรายชั่วโมงในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า และประเมินคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน



รูปที่ 2.7 ลักษณะโหลดสูงสุดประจำชั่วโมง

2.4.1 เส้นโค้งช่วงระยะเวลาของโหลด (Load duration curve)

การวางแผนกำลังการผลิตในระยะยาวนั้น อาจไม่จำเป็นต้องทราบลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง หากเพียงต้องการทราบค่าโดยประมาณของปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเป็นหลัก ในกรณีเช่นนี้เราจะอาศัยเส้นโค้งช่วงระยะเวลาโหลด (Load duration curve) [9] ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งปรับเปลี่ยนมาจากเส้นโค้งโหลดรายชั่วโมง เมื่อเราทราบรายละเอียดของโหลดสูงสุดในแต่ละชั่วโมงแล้วเราจะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างแบบจำลองโหลดโดยเรียงโหลดจากค่ามากไปน้อยจนครบช่วงเวลาที่ต้องการพิจารณา



รูปที่ 2.8 เส้นโค้งช่วงระยะเวลาของโหลด

2.5 สรุป

ในบทนี้ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ค่าสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตาราง COPT ซึ่งเป็นตัวแทนแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า และโหลดสูงสุดประจำชั่วโมงซึ่งเป็นตัวแทนของแบบจำลองโหลดเพื่อใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ที่จะกล่าวต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

หลักการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

ในบทนี้จะนำเสนอแนวคิดและหลักการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้า เพื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ โดยจะแสดงขั้นตอนการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนสี่ประเภท คือ พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำ และพลังชีวมวล จากนั้นจึงจะนำหลักการดังกล่าวไปใช้ต่อไปในบทถัดไป ทั้งนี้การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าของพลังงานแต่ละชนิด จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลพื้นฐานที่บันทึกไว้ และความเหมาะสมในการใช้หลักการวิเคราะห์ต่างๆ

3.1 พลังงานลม

พลังงานลมเป็นพลังงานตามธรรมชาติที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากการหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม ซึ่งปัจจุบันมีการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น แต่ในประเทศไทยบางพื้นที่ยังมีปัญหาในการวิจัยและพัฒนาเอาพลังงานลมมาใช้งานเนื่องจากปริมาณของลมไม่สม่ำเสมอตลอดปี แต่ยังคงมีบางพื้นที่ที่สามารถนำเอาพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น พื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ช่วยในการเปลี่ยนจากพลังงานลมออกมาเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้าหรือ พลังงานกล ได้แก่ กังหันลม เป็นต้น

3.1.1 เทคโนโลยีกังหันลม

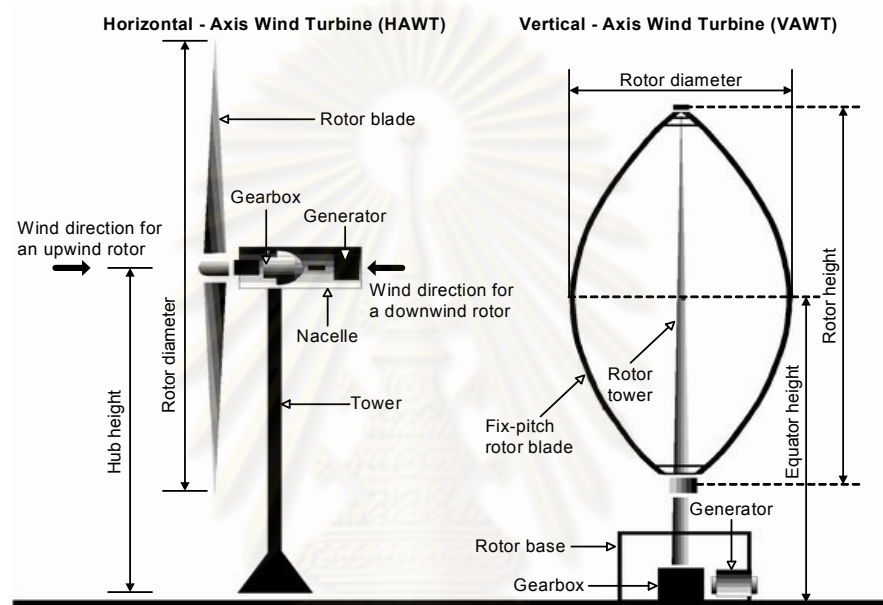
กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกลโดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เพืองเกียร์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนเกิดการหมุนตามไปด้วย พลังงานกลที่ได้จะไปขับเคลื่อนให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงาน ด้วยหลักการนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ กังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท [10] คือ

- 1) กังหันลมที่มีแกนเพลลาอยู่ในแนวนอน (Horizontal-axis type wind turbine, HAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนวางตัวอยู่ในทิศขนานกับทิศทางของลม โดยมีใบเป็นตัวยึดรับแรงลม กังหันลมประเภทนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการนำมาใช้งานมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานสูงแต่ต้องติดตั้งบนเสาที่มีความสูงมาก และมีชุดควบคุมให้กังหันลมหันหน้าเข้ารับแรงลมได้ทุกทิศทางในแนวนอนตลอดเวลา แสดงดังรูปที่ 3.1

2) กังหันลมที่มีแกนเพลลาอยู่แนวตั้ง (Vertical-axis type wind turbine, VAWT)

เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนตั้งฉากกับทิศทางของลม ซึ่งสามารถรับลมได้ทุกทิศทางและติดตั้งอยู่ในระดับต่ำได้ กังหันลมแบบนี้ที่รู้จักกันดี คือ กังหันลมแบบ Darrieus ข้อดีของกังหันลมแกนตั้งคือ สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง ชุดปรับความเร็ว (gear box) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถติดตั้งอยู่ที่ระดับพื้นล่างได้ นอกจากนี้ตัวเสาของกังหันลมยังไม่สูงมากนัก แต่มีข้อเสียคือ ประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับกังหันลมที่มีแกนเพลลาแบบแกนนอน ดังนั้นจึงมีการใช้งานอยู่น้อย แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบแกนนอนและแบบแกนตั้ง

3.1.2 การกระจายข้อมูลแบบไวบูลล์

จากการตรวจสอบการกระจายตัวของความเร็วลม พบว่ามักมีลักษณะการกระจายแบบไวบูลล์ (Weibull distribution) ซึ่งสามารถแสดงในรูปของฟังก์ชันความหนาแน่นของการกระจาย (Probability density function) หรือแทนความน่าจะเป็นของความเร็วลมแต่ละช่วง 1 m/s ได้ดังนี้ [10,11]

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A} \right)^{k-1} \exp \left\{ - \left(\frac{u}{A} \right)^k \right\} \quad (3.1)$$

และเขียนในรูปของฟังก์ชันความหนาแน่นสะสม (Cumulative density function) ได้ดังนี้

$$f(u) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{u}{A} \right)^k \right\} \quad (3.2)$$

โดยที่

u คือ ความเร็วเฉลี่ย (m/s), $u > 1$

k คือ Weibull's shape parameter, $k > 0$

A คือ Weibull's scale parameter, $A > 1$

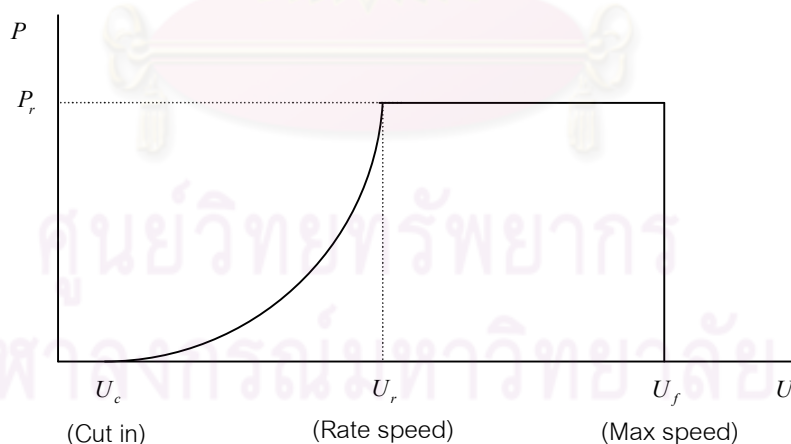
ในวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดพารามิเตอร์ k เป็นค่าคงที่เท่ากับ 2 และพารามิเตอร์ A ตามสมการที่ 3.3

$$A = \frac{u}{\Gamma(1+1/k)} \quad (3.3)$$

โดยที่ $\Gamma(x) = \text{Gamma function} = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{x-1} dt$

3.1.3 ช่วงการทำงานของกังหันลม

โดยทั่วไปกังหันลมจะเริ่มผลิตกำลังไฟฟ้าได้ที่ความเร็ว U_c ประมาณ 3 - 5 m/s และจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วลมจนกระทั่งถึงค่ากำลังพิกัด (P_r) ที่ความเร็ว U_r หลังจากจุดนี้กังหันจะถูกควบคุมโดยใช้มุมหรือการบิดของใบพัด เพื่อผลิตกำลังงานพิกัดได้ที่ความเร็วลมสูงสุด (U_f) ถ้าลมมีความเร็วมากกว่าจุดนี้ (U_r) ใบพัดจะเก็บลงและหยุดเดินเครื่องเพื่อความปลอดภัย ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตไฟฟ้า [10,11] แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและกำลังผลิตไฟฟ้า

3.1.4 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลม

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจากการประมาณค่าการกระจายข้อมูลความเร็วลมแบบไวบูลล์ จากนั้นนำไปแปลงค่าเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของ

พลังงาน โดยใช้กราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานลมได้ดังนี้

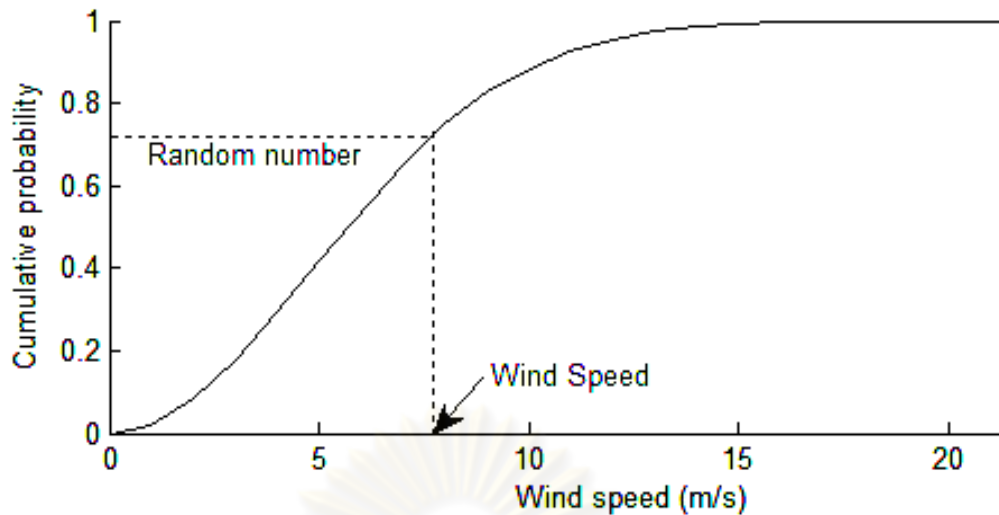
ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่บันทึกไว้ สุ่มตัวเลข และคำนวณฟังก์ชันความหนาแน่นสะสมสำหรับความเร็วลมเฉลี่ยของเดือนที่พิจารณา โดยพิจารณาช่วงเวลาทุกๆ 1 ชั่วโมง เช่น เดือนที่พิจารณามี 30 วัน และค่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 6.03 m/s ดังนั้นจะต้องสุ่มตัวเลขจำนวน 720 ค่า และใช้ความเร็วลมเฉลี่ย 6.03 m/s ในการคำนวณฟังก์ชันความหนาแน่นสะสมของการกระจายแบบไวบูลล์ในสมการที่ 3.2 โดยกำหนด k เป็นค่าคงที่เท่ากับ 2 และ A ตามสมการที่ 3.3

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณการสุ่มค่าความเร็วลมรายชั่วโมง โดยเปรียบเทียบระหว่างตัวเลขสุ่มแต่ละค่าและความน่าจะเป็นสะสมของการกระจายแบบไวบูลล์ ที่ความเร็วลมเฉลี่ยที่พิจารณา แสดงดังรูปที่ 3.3

ขั้นตอนที่ 3 แปลงค่าการสุ่มความเร็วลมเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของพลังงาน โดยเปรียบเทียบระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและกราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW แสดงดังรูปที่ 3.4 จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมขนาด 150 kW แสดงดังรูปที่ 3.5 หากต้องการพิจารณาเดือนอื่นให้กำหนดจำนวนตัวเลขสุ่มและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนแล้วคำนวณตามขั้นตอนที่ 1-3

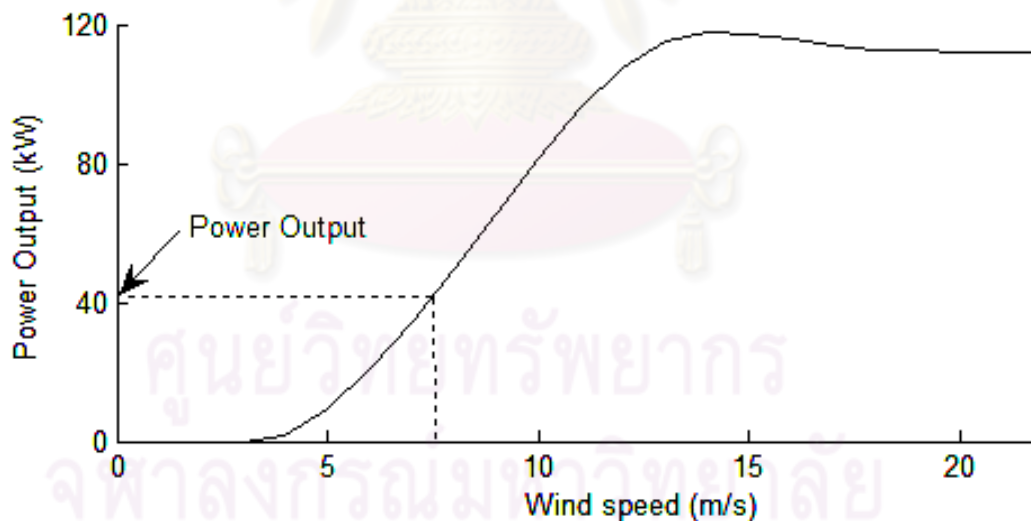
3.1.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

การคำนวณกำลังไฟฟ้าขาออกจากกังหันลมในวิทยานิพนธ์นี้จะเริ่มประมาณค่าความเร็วลมที่เวลาต่าง ๆ โดยอาศัยการสุ่มตัวเลขเทียบกับกราฟความหนาแน่นสะสมในสมการที่ 3.2 ผลจากการสุ่มความเร็วลมทั้งหมดจะทำให้มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่ที่จะติดตั้งกังหันลมใกล้เคียงกับค่าที่ทราบจากการตรวจวัดในเบื้องต้น ตัวอย่างการสุ่มค่าความเร็วลมได้นำแสดงในรูปที่ 3.3



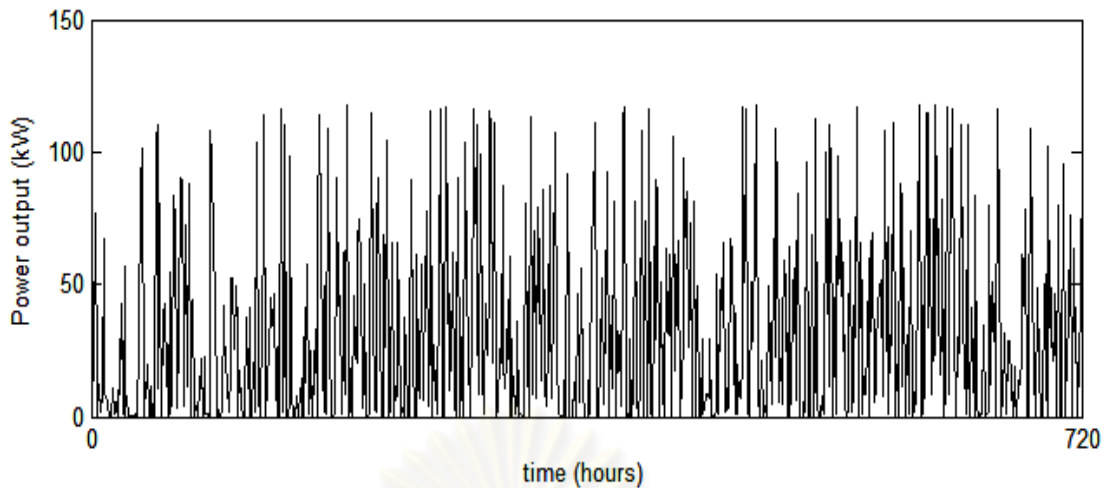
รูปที่ 3.3 การสุ่มค่าความเร็วลม

จากนั้นค่าความเร็วลมที่ได้จะใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและกราฟกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การแปลงความเร็วลมสู่กำลังผลิตไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าขาออกจากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW ที่ได้จากการวิเคราะห์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW

จากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่กังหันลมสามารถผลิตได้ในแต่ละชั่วโมงมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับกำลังลมที่สามารถทำให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าได้ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งจะนำไปใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทย่อยต่อไป อาจมีการคลาดเคลื่อนเพราะเป็นค่าจากการสุ่มตัวเลข ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณกับข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ k ในการคำนวณให้สามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้จากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต ซึ่งเป็นข้อมูลผลรวมพลังงานที่กังหันลมสามารถผลิตได้ในแต่ละปีมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานลมจากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ตกับข้อมูลจากการทดสอบ

	พลังงานจากกังหันลม Nordtank ขนาด 150 kW							
	จากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต				จากการทดสอบ			
	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.
	2548	2549	2550	2551	2548	2549	2550	2551
พลังงาน (kWh)	239,926	190,926	163,140	169,626	218,300	191,183	167,880	170,440
Plant factor (%)	18	15	12	13	18.1	14.6	12.8	12.9

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าผลการเปรียบเทียบค่าพลังงาน และค่า Plant Factor ข้อมูลจากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต ปี พ.ศ. 2548-2551 โดย Plant factor คำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี ดังนั้นหลักการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไปได้

3.2 พลังงานแสงอาทิตย์

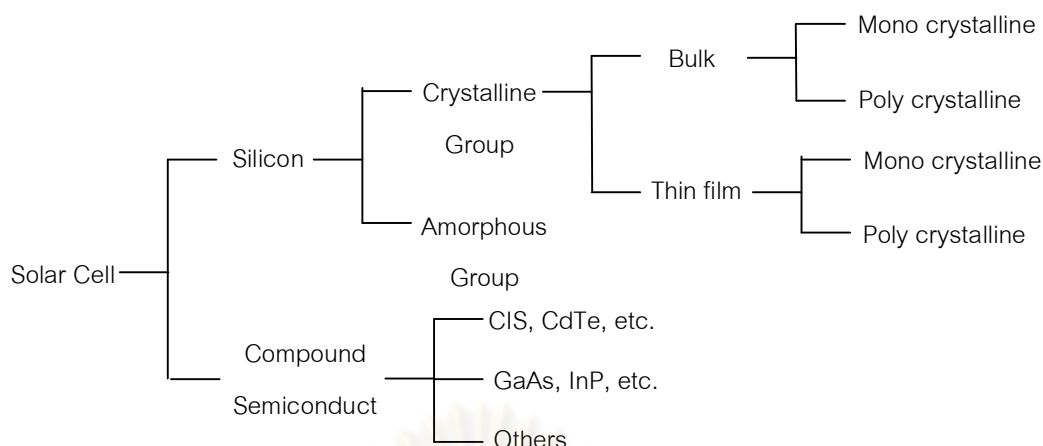
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในปัจจุบันเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับการพัฒนาและแพร่หลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามการนำอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์เหล่านี้มาใช้ต้องมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของบริเวณที่จะใช้งานด้วย โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง

3.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หรือโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic, PV)

เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโฟโตโวลตาอิกเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ผิวไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งเป็น 2 แบบ [12] คือ

1) กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

2) กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7% ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด



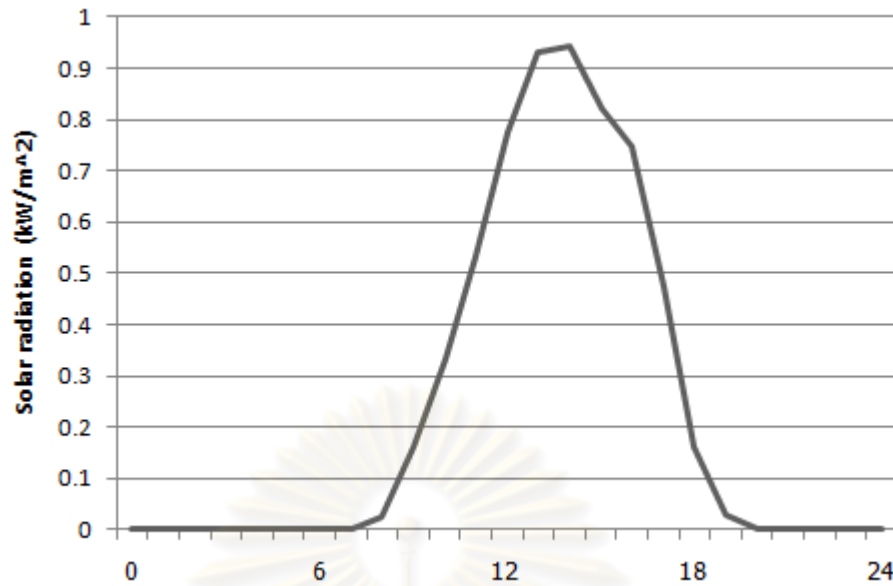
รูปที่ 3.6 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการวิเคราะห์กำลังผลิตไฟฟ้าที่ได้จาก PV นั้น ข้อมูลที่สำคัญ คือ ข้อมูลความเข้มแสงที่ตกกระทบบน PV ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากโปรแกรม HOMER สำหรับคำนวณค่ากำลังผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

3.2.2 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์

ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะนำมาจากโปรแกรม HOMER เพื่อใช้ในการจำลองปริมาณแสงตกกระทบบน PV โปรแกรมจะใช้ข้อมูลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลโดยดาวเทียมทำให้สามารถประมาณค่าของความเข้มแสงอาทิตย์ได้ ซึ่งเมื่อทำการป้อนค่าพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย โปรแกรมดังกล่าวจะทำการจำลองค่าความเข้มแสงออกมาทุก ๆ ชั่วโมงเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 1 ไปจนถึงชั่วโมงที่ 8760 (เป็นระยะเวลา 1 ปี)

ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงตลอดทั้งปีที่ได้จากโปรแกรมนั้นอยู่ที่ประมาณ 0.20 kWh/m^2 โดยจะเริ่มมีความเข้มแสงอาทิตย์เมื่อเวลา 5.00-6.00 น. ในตอนเช้า และแสงจะหมดลงเมื่อเวลา 17.00-19.00 น. โดยในช่วง 19.00-4.00 น. จะเป็นช่วงเวลากลางคืน ไม่มีแสงอาทิตย์ ซึ่งผลที่ได้ไปจะนำไปทำการวิเคราะห์ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ PV สามารถจ่ายได้ [13]



รูปที่ 3.7 ความเข้มแสงอาทิตย์ในวันหนึ่งของปีโดยใช้ข้อมูลจากโปรแกรม HOMER

ในวิทยานิพนธ์นี้การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโตโวลตาอิกจะต้องทราบค่าความเข้มแสงอาทิตย์ และกำลังการผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อไป

โดยสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง [12] ได้ดังสมการที่ 3.4

$$P_L = P_{cell} [Q \cdot A \cdot B \cdot C / D] \quad (3.4)$$

โดยที่

- | | | |
|------------|-----|--|
| P_L | คือ | กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง (kW) |
| P_{cell} | คือ | กำลังผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโตโวลตาอิก |
| Q | คือ | ความเข้มแสงอาทิตย์ใน 1 ชั่วโมง (W/m^2) |
| A | คือ | ค่าชดเชยการสูญเสียของเซลล์ ประมาณ 0.8 |
| B | คือ | ค่าชดเชยการสูญเสียเชิงความร้อน ประมาณ 0.85 |
| C | คือ | ประสิทธิภาพของ inverter ประมาณ 0.9 |
| D | คือ | ความเข้มแสงปกติ (ค่ามาตรฐาน $1000 W/m^2$) |

3.2.3 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์

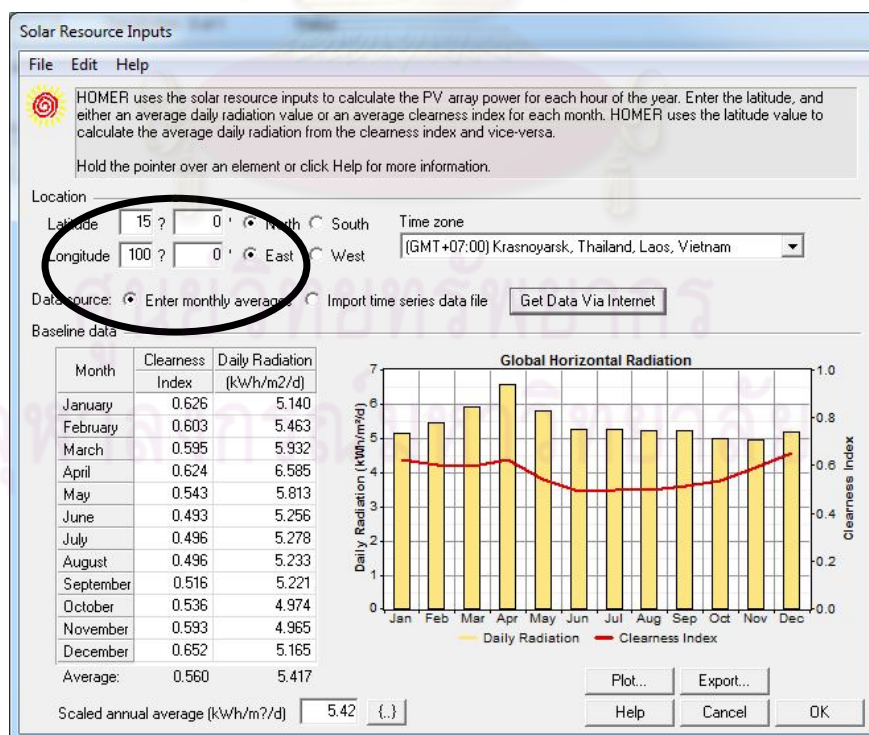
ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จากการจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์บนโปรแกรม Homer จากนั้นนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม Homer โดยป้อนค่าพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของประเทศไทย โปรแกรมดังกล่าวจะใช้ข้อมูลทางสถิติจากการเก็บข้อมูลของดาวเทียม เพื่อจำลองค่าความเข้มแสงออกมาทุก ๆ 1 ชั่วโมง แสดงตัวอย่างข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 3.7

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของพลังงานแสงอาทิตย์ตามสมการที่ 3.4 โดยใช้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 แทนค่าลงใน Q และกำหนดกำลังผลิตติดตั้งของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นค่าคงที่ เช่น เท่ากับ 1kW เป็นต้น เมื่อแทนค่าลงในสมการแล้วจะได้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 3.8

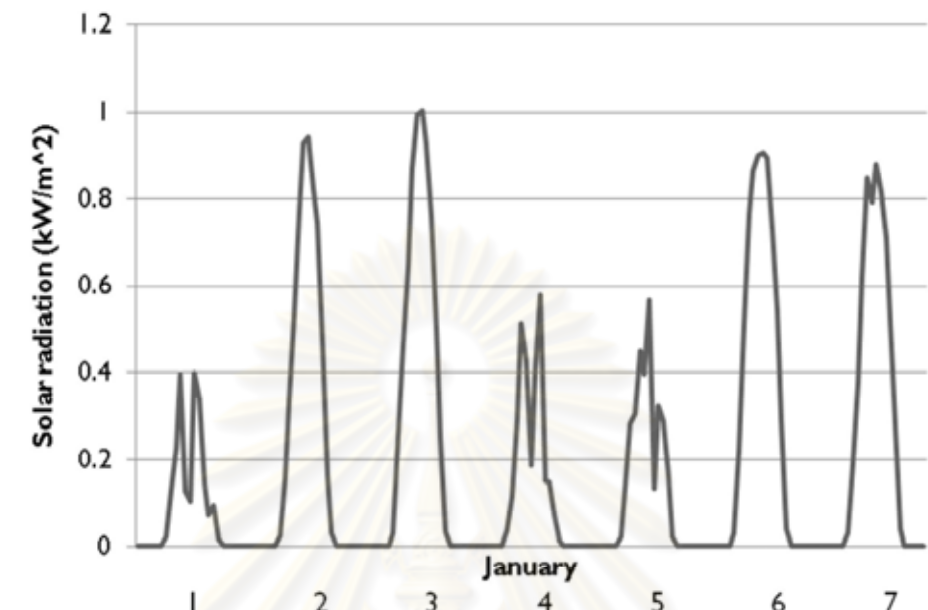
3.2.4 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

การคำนวณกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ในวิทยานิพนธ์นี้ จะวิเคราะห์จากการจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์บนโปรแกรม Homer [13] โดยป้อนค่าพิกัดที่ตั้งของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 3.8



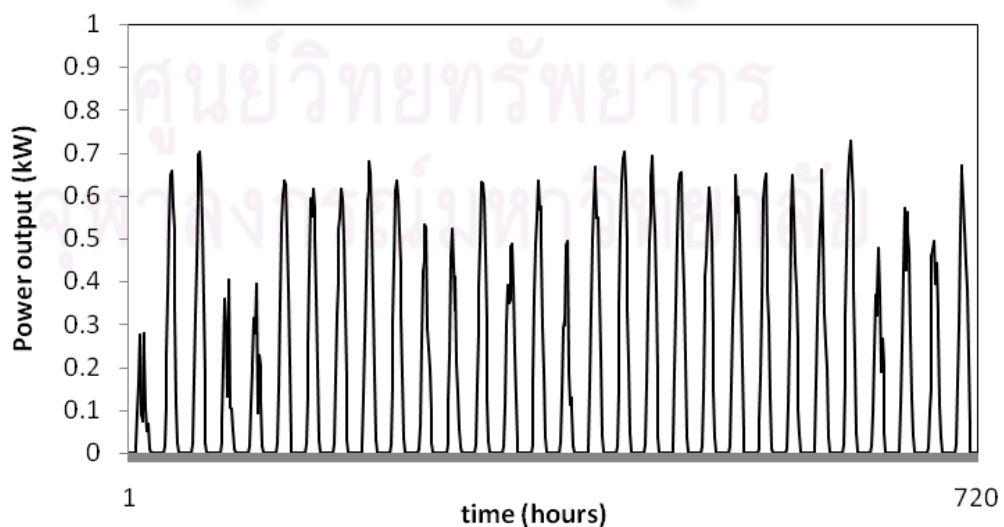
รูปที่ 3.8 การป้อนค่าพิกัดประเทศไทยบนโปรแกรม Homer

จากนั้นโปรแกรม Homer จะใช้ข้อมูลสถิติจากดาวเทียมที่บันทึกไว้ เพื่อจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์ออกมา [13] แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากการจำลองของโปรแกรม Homer

พิจารณาข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้ในเดือนมกราคม จำนวน 720 ค่า สามารถนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง ตามสมการที่ 3.4 โดยกำหนดให้เซลล์แสงอาทิตย์มีขนาด 1 kW แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1kW

จากรูปที่ 3.10 จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ในแต่ละชั่วโมงมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับค่าเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งจะนำไปใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไป อาจมีการคลาดเคลื่อนจากการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ 3.4 ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบค่าจากการคำนวณกับข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าชดเชยในการสูญเสีย (A,B และ C) ในการคำนวณให้สามารถคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำข้อมูลที่ตรวจบันทึกไว้จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ซึ่งเป็นข้อมูลผลรวมพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ปี พ.ศ. 2550 กับข้อมูลจากการทดสอบ

	พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,012 kW	
	จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เขื่อนสิรินธร พ.ศ. 2550	จากการทดสอบ
พลังงาน (kWh)	1,426,433	1,413,284
Plant factor (%)	16.1	15.9

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าผลการเปรียบเทียบค่าพลังงาน และค่า Plant factor ข้อมูลจากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร ปี พ.ศ. 2550 โดย Plant factor คำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี ดังนั้นหลักการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้าในบทต่อไปได้

3.3 พลังงานน้ำ

น้ำเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติและหมุนเวียนให้ใช้อย่างไม่รู้วันหมด น้ำถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ใช้ประโยชน์จากน้ำทั้งการบริโภคและอุปโภค นอกจากนี้ยังใช้น้ำเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ พลังงานที่ได้จากน้ำเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจึงทำให้ทั่วโลกมีการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า

3.3.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่จะกล่าวถึงเป็นโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากแหล่งที่เป็นแหล่งธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกทั่วไป เช่น ลำห้วย ลำธาร และเขื่อนต่างๆ ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงหรือพลังงานคลื่น โดยสามารถแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำออกเป็น 3 ประเภท [14] ดังนี้

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (Run of river) เป็นโรงไฟฟ้าที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยการบังคับทิศทางการไหลของน้ำ จากแหล่งน้ำเล็กๆ เช่น ลำห้วย ลำธาร หรือฝายต่างๆ ให้มารวมตัวกันและไหลผ่านท่อหรือรางน้ำที่จัดทำไว้ และใช้แรงดันของน้ำซึ่งตกจากตำแหน่งที่สูงมาหมุนกังหันซึ่งต่อกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage regulation development) เป็นโรงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานน้ำที่มีอยู่ซึ่งอาจเป็นแหล่งธรรมชาติหรือเกิดจากการสร้างขึ้นมาเองในลักษณะของเขื่อน ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในอ่างหรือเขื่อนจะมีปริมาณมากพอที่จะถูกปล่อยออกมาเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ในประเทศไทยโรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกใช้เป็นหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะเป็นระบบที่มีความมั่นคงในการผลิตและจ่ายไฟฟ้า

3) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped storage plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างบนพื้นฐานความคิดในการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนข้างต่ำแล้วจะมีการใช้ไฟฟาลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป

3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานน้ำ

ในวิทยานิพนธ์นี้จะวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากการนำกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำไปหักออกจากความต้องการใช้ไฟฟ้าเดิมของระบบ โดยพิจารณาให้หักออกไม่เกินค่าพลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละสัปดาห์ เพื่อหาช่วงเวลาในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้หลักการนี้ในการวิเคราะห์ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำนวนมากและสามารถทำงานได้หลายวัน เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่มีเขื่อนขนาดใหญ่

- 2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำกัดแต่พอเพียงสำหรับ 1 วัน
- 3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแหล่งพลังงานจำกัดหรือมีแต่ไม่เพียงพอสำหรับจ่ายในวันต่อไป เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่ไม่มีเขื่อน (run-of-river hydro facilities)

เราสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานน้ำได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำที่บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองไหลทรายชั่วโมงที่จะใช้ในการพิจารณา

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่ากำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ และกระจายค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเวลา 1 ปี (1 ปีเท่ากับ 52 สัปดาห์) โดยกำหนดให้แต่ละสัปดาห์มีการกระจายค่าพลังงานที่ผลิตได้ออกมาเท่ากันทุกๆ สัปดาห์

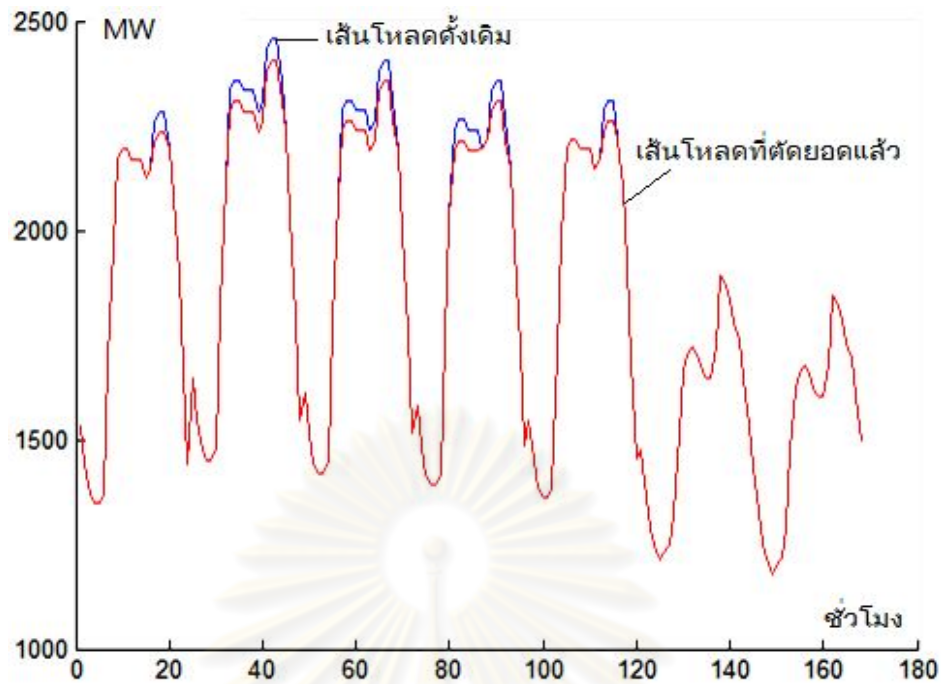
ขั้นตอนที่ 4 นำค่ากำลังการผลิตในขั้นตอนที่ 3 ไปหักออกจากไหลทรายชั่วโมงเดิม ซึ่งพิจารณาให้ไหลที่มีค่ามากถูกหักออกก่อน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย โดยมีเงื่อนไขว่าผลรวมของพลังงานที่ถูกหักออกจะต้องไม่เกินค่าการกระจายพลังงานในแต่ละสัปดาห์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.11

ขั้นตอนที่ 5 ช่วงเวลาที่ถูกหักออกจะเป็นช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา แสดงดังรูปที่ 3.12

3.3.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

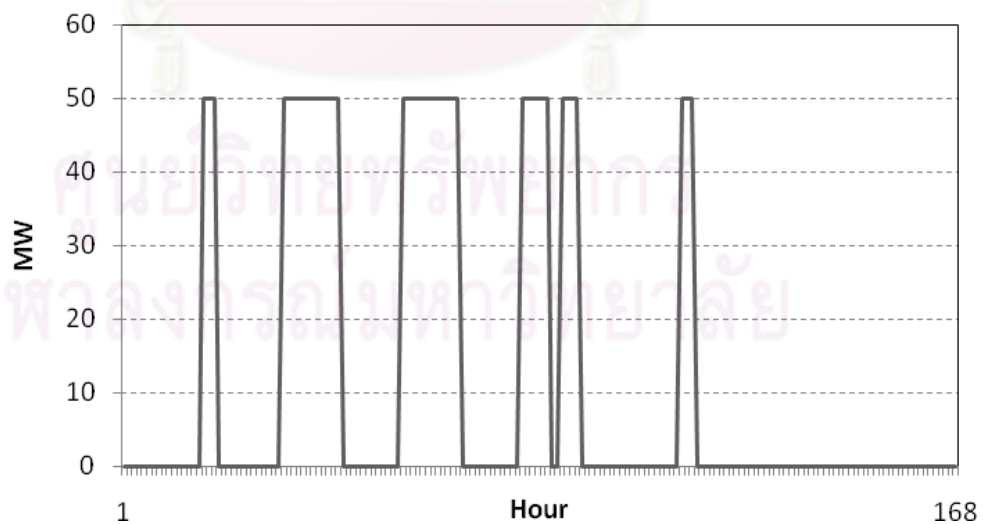
การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ จะนำค่าพลังงานที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำมาเฉลี่ยค่าพลังงานต่อเวลา 52 สัปดาห์ โดยกำหนดให้พลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมดเท่ากับ 104,000 MWh ดังนั้น พลังงานที่ผลิตได้ในแต่ละสัปดาห์เท่ากับ 2,000 MWh

กำหนดให้กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเท่ากับ 50 MW จากนั้นนำค่ากำลังการผลิตขนาด 50 MW มาหักออกจากไหลที่ชั่วโมง กำหนดให้ไหลทรายชั่วโมงที่มีค่ามากกว่าจะถูกหักออกไปก่อนเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย มีเงื่อนไขว่าผลรวมพลังงานที่ถูกหักออกต้องไม่เกิน 2,000 MWh แสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ผลจากการตัดยอดโหลดของสัปดาห์ที่ 1

จากรูปที่ 3.11 พื้นที่ระหว่างเส้นโหลดดั้งเดิมกับเส้นโหลดที่ถูกตัดยอดแล้ว เป็นพื้นที่ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วงเวลาใดๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงช่วงเวลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

3.4 พลังงานจากชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานได้ ได้แก่ เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากการกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย เศษไม้ เป็นต้น เมื่อนำชีวมวลมาเผาไหม้ จะเกิดพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย จึงนับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะช่วยลดอัตราการนำเข้าเชื้อเพลิงชนิดอื่นและสร้างรายได้ให้คนในท้องถิ่น นอกจากนี้ การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม การพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและการมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย

3.4.1 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล

ชีวมวลจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ 2 ประเภท [1] ดังนี้

1) การเผาไหม้โดยตรง (Direct combustion)

สำหรับกระบวนการนี้ พลังงานที่ถูกเก็บสะสมอยู่ในชีวมวล จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนภายในหม้อน้ำ ซึ่งค่าความร้อนที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล พลังงานความร้อนที่ได้จะถูกนำไปต้มน้ำให้เป็นไอน้ำ เพื่อนำไปใช้หมุนกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ชีวมวลที่เหมาะสมกับการเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ เศษวัสดุทางการเกษตรและเศษไม้ เป็นต้น

2) กระบวนการเคมีความร้อน (Thermochemical conversion)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะให้เป็นก๊าซ โดยกระบวนการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนที่สามารถนำไปใช้กับกังหันแก๊สเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ชีวมวลที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ต้องมีขนาดที่เหมาะสม สม่่าเสมอ และความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 เช่น แกลบ เศษไม้ที่ย่อยแล้ว กะลาปาล์ม และซังข้าวโพด เป็นต้น

3.4.2 ขั้นตอนการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล

ในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลเป็นแบบไหลลดฐาน คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเดินเครื่องตลอดเวลาและผลิตกำลังไฟฟ้าคงที่ทุกช่วงเวลาใดๆ โดยเฉลี่ยค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ จากค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) โดย Plant Factor ที่นำมาใช้ในการคำนวณนี้มาจากการคำนวณจากพลังงานที่โรงไฟฟ้าผลิตได้จริงใน 1 ปี

ตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) หมายถึง สัดส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริงของโรงไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สนใจ ต่อพลังงานที่ควรผลิตได้หากโรงไฟฟ้าทำการผลิตที่ค่าพิกัด

$$\text{Plant Factor} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริง}}{\text{ขนาดกำลังพิกัดของโรงไฟฟ้า} \times \text{ระยะเวลาเดินเครื่อง}} \quad (3.5)$$

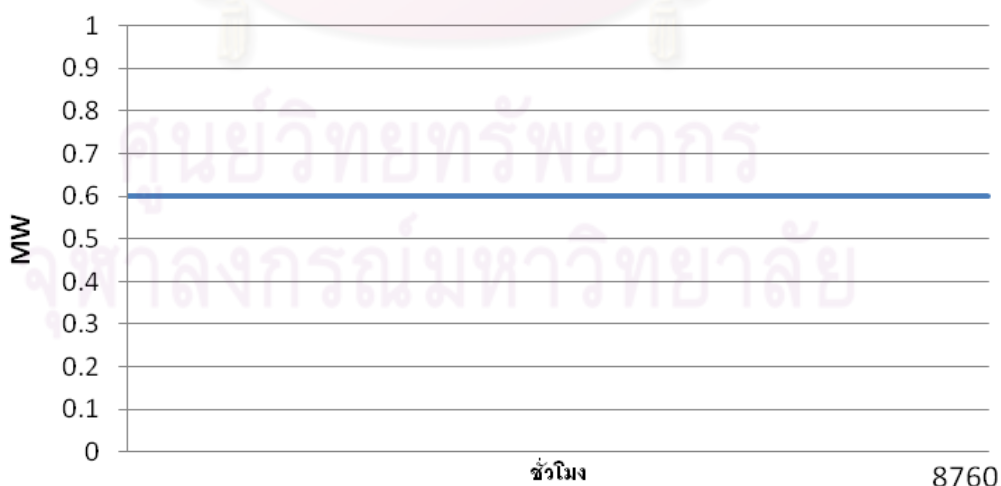
จากหลักการคำนวณดังกล่าวไปแล้วข้างต้นสามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณข้อมูลพลังงานชีวมวลได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant factor) และขนาดกำลังพิกัดของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 3.5 จากนั้นเฉลี่ยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้เพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาใดๆ แสดงดังรูปที่ 3.13

3.4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลมาจากการเฉลี่ยค่า Plant Factor กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลขนาด 1 MW มีค่า Plant Factor เท่ากับ 60% จากสมการที่ 3.5 เราสามารถคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.6 MWh ดังนั้นในเวลา 1 ชั่วโมง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลมีกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 0.6 MW แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานชีวมวล

3.5 สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและหลักการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้า ซึ่งพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทจะมีลักษณะการวิเคราะห์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการตรวจวัดหรือบันทึกไว้ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ จะนำมาใช้ในการประเมินคุณค่า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้าต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

หลักการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

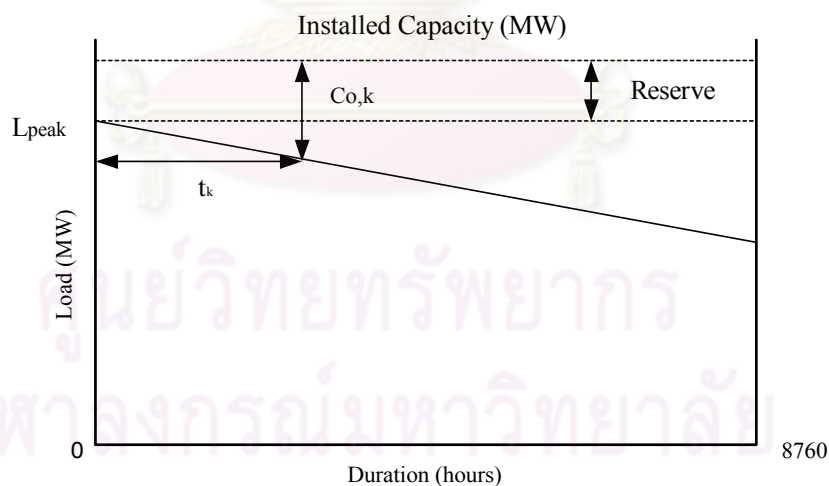
ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ประกอบด้วยดัชนี Loss of Load Expectation และดัชนี Expected Energy Not Supply ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่สามารถผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายออกมาแต่ละเครื่อง จากนั้นนำมาใช้ประกอบกับหลักการประเมินค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนต่อไป

4.1 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีประเมินความเพียงพอของระบบ ผ่านดัชนีความเชื่อถือได้อันประกอบด้วย ค่า Loss of Load Expectation (LOLE) และ Expected Energy Not Supply (EENS) เพื่อประเมินผลกระทบด้านความเชื่อถือได้ของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้า

4.1.1 การคำนวณค่าดัชนี Loss of Load Expectation (LOLE)

LOLE คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงเวลาที่กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการไฟฟ้าสูงสุดประจำวันโดยมีหน่วยเป็นจำนวนชั่วโมงหรือจำนวนวัน เมื่อเทียบกับระยะเวลาที่สนใจ โดยมากมักเทียบกับระยะเวลา 1 ปี [5,9]



รูปที่ 4.1 การคำนวณค่าดัชนี LOLE

รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณค่า LOLE โดยอาศัยเส้นโค้งระยะเวลาของโหลดสะสม (Cumulative Load Duration Curve: CLDC) จากรูปแสดงให้เห็นว่าหากขนาดกำลังการผลิตเกิดการขาดข้อขึ้นมากกว่าค่ากำลังการผลิตสำรองกำลังการผลิตที่เหลืออยู่จะมีค่าน้อยกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าทำให้เกิดความไม่พอเพียงของระบบผลิตเกิดขึ้น จากรูปค่า L_{peak} คือ

ค่าโหลดสูงสุดในรอบปีโดยพิจารณาจากค่าโหลดรายชั่วโมง ส่วน $C_{o,k}$ MW คือค่ากำลังการผลิตที่คาดว่าจะเกิดเหตุขัดข้อง (Outage capacity) ของสถานะ k ในตาราง COPT ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียโหลดเป็นระยะเวลา t_k ชั่วโมงตามลำดับ ด้วยเหตุนี้เราสามารถคำนวณ LOLE ได้ตามสมการที่ 4.1 ดังนี้

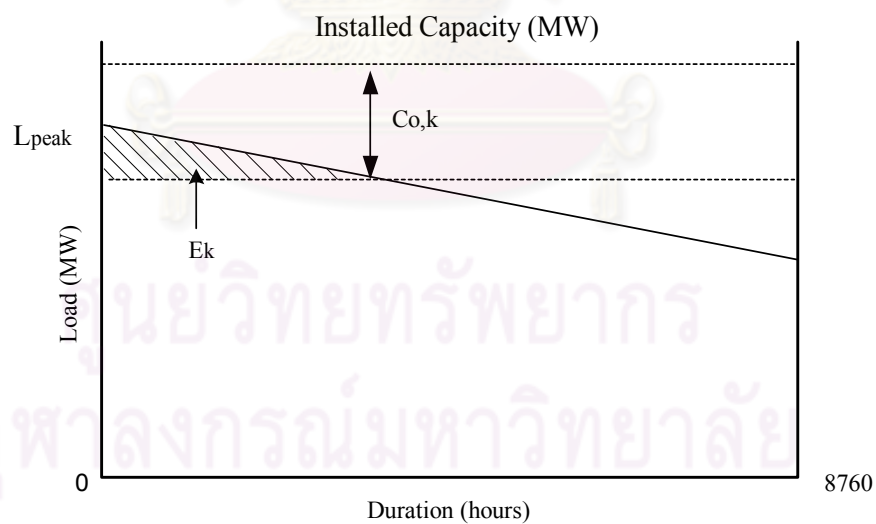
$$LOLE = \sum_{k=1}^N p_k t_k \quad (4.1)$$

โดยที่

- p_k คือ ค่าความน่าจะเป็นแบบ Individual ของ $C_{o,k}$ MW
 t_k คือ ระยะเวลาที่โหลดไม่ได้รับการจ่ายเนื่องจากการขาดหายของกำลังการผลิตที่มีค่าเท่ากับ $C_{o,k}$ MW
 N คือ จำนวนสถานะทั้งหมดของตาราง COPT

4.1.2 การคำนวณค่าดัชนี Expected Energy not Supply (EENS)

EENS คือ ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงค่าพลังงานที่คาดว่าจะไม่ได้รับการจ่ายจากระบบผลิตไฟฟ้าอันเนื่องมาจากโหลดมีค่ามากกว่าปริมาณกำลังการผลิตที่มีอยู่ โดยดัชนีดังกล่าวแสดงถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ได้รับการจ่ายจากการที่มีกำลังผลิตไม่เพียงพอ [5,9]



รูปที่ 4.2 การคำนวณค่าดัชนี EENS

การคำนวณค่าดัชนี EENS โดยอาศัยเส้นโค้งระยะเวลาของโหลดสะสม (Cumulative Load Duration Curve: CLDC) สามารถทำได้โดยการพิจารณาปริมาณพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายเมื่อกำลังการผลิตขาดหายไปสูงกว่าค่ากำลังการผลิตสำรองโดยพิจารณาเส้นโค้ง CLDC

จากรูปที่ 4.2 E_k คือพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายเนื่องจากกำลังการผลิตขาดหายไปเป็นปริมาณเท่ากับ $C_{o,k}$ MW

ดังนั้นเราสามารถคำนวณค่าดัชนี EENS ได้จากสมการที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 ดังนี้

$$EENS_0 = t * \sum_{i=1}^n L_i \quad (4.2)$$

$$EENS_q = \sum_{k=1}^N p_k E_k \quad (4.3)$$

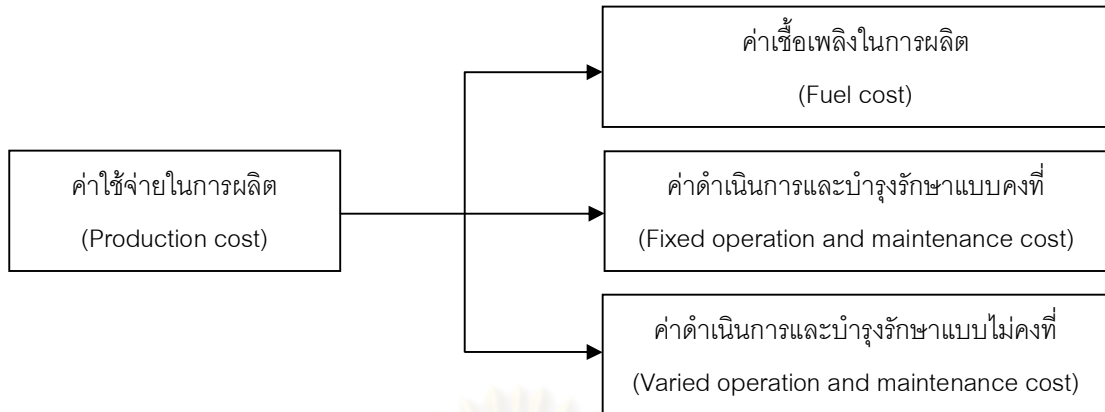
$$EEP_q = EENS_{q-1} - EENS_q \quad (4.4)$$

โดยที่

t	คือ	ช่วงเวลาที่ทั้งหมดที่พิจารณา
L_i	คือ	ความต้องการไฟฟ้าชั่วโมงที่ i
$EENS_0$	คือ	พลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมดในช่วงเวลาที่พิจารณา
$EENS_q$	คือ	ปริมาณพลังงานที่คาดว่าจะไม่ได้รับการจ่ายที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าลำดับที่ q
p_k	คือ	ค่าความน่าจะเป็นแบบ Individual ของ state k ,
E_k	คือ	ปริมาณพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายเนื่องจากการขาดหายของกำลังการผลิตของ state k
EEP_q	คือ	ปริมาณพลังงานที่สามารถผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q

4.2 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก ประกอบด้วย ค่าเชื้อเพลิงในการผลิต ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบคงที่ และค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบไม่คงที่ แต่มิได้คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่อย่างใด [6,9] แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภาพค่าใช้จ่ายในการผลิต (Production cost)

จากรูปที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิต (Production cost) สามารถแบ่งออกเป็น

1) ค่าเชื้อเพลิงในการผลิต (Fuel cost) ซึ่งเป็นค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในแต่ละโรงไฟฟ้าหรือแต่ละหน่วยผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าซึ่งในแต่ละโรงก็จะมีการใช้เชื้อเพลิงที่ไม่เหมือนกัน ในทำนองเดียวกันหน่วยที่ใช้บอกราคาเชื้อเพลิงก็ไม่เหมือนกันด้วย ฉะนั้นในการคำนวณค่าเชื้อเพลิงในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ค่าเชื้อเพลิงที่ถูกแปลงหน่วยให้อยู่ในรูปของ บาท/MMbtu ซึ่งจะเป็นหน่วยของราคาที่ใช้ต่อปริมาณความร้อนที่ผลิตได้ ทั้งนี้การคำนวณค่าเชื้อเพลิงในการผลิตสามารถหาได้จากผลคูณของพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ของแต่ละเครื่องกับหน่วยของเชื้อเพลิงและปริมาณความร้อนที่แต่ละโรงผลิตได้ (Heat rate)

2) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบคงที่ (Fixed Operation and Maintenance cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาเครื่องตามแผนที่กำหนดไว้ซึ่งจะถูกแสดงอยู่ในรูปหน่วย บาท/ MW ซึ่งจะแบ่งออกตามชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าการคำนวณสามารถหาได้จากผลคูณของขนาดหน่วยผลิตไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบคงที่ได้โดยตรง

3) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบไม่คงที่ (Varied Operation and Maintenance cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาเครื่องที่ไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ซึ่งจะถูกแสดงอยู่ในรูปหน่วย บาท/kWh การคำนวณสามารถหาได้จากผลคูณของพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้ของแต่ละเครื่องกับหน่วยของค่าดำเนินการ

โดยในการสร้างแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าเพื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตจะใช้วิธีจัดเรียงความสำคัญ (Priority list) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ถูกต้องมีสิทธิในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าก่อน

เราสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าได้ดังสมการที่ 4.5 – 4.8 ดังนี้

$$PC_{Total} = FuelCost_{Total} + FixedO \& MCost_{Total} + VariedO \& MCost_{Total} \quad (4.5)$$

$$FuelCost_{Total} = \sum_{q=1}^N EEP_q \times FuelCost_q \times HeatRate_q \quad (4.6)$$

$$FixedO \& MCost_{Total} = \sum_{q=1}^N InstallCapacity_q \times FixedO \& MCost_q \quad (4.7)$$

$$VariedO \& MCost_{Total} = \sum_{q=1}^N EEP_q \times VariedO \& MCost_q \quad (4.8)$$

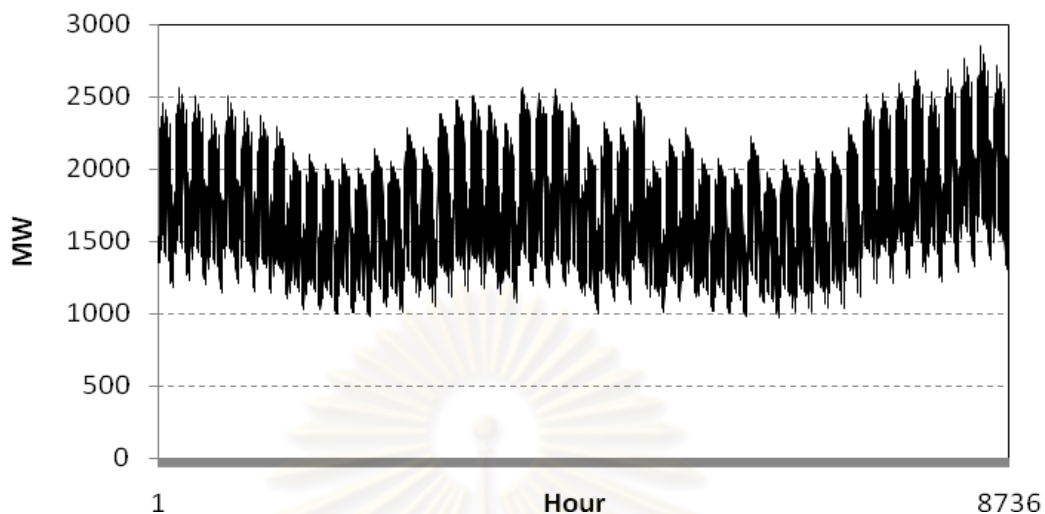
โดยที่

PC_{Total}	คือ	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด
EEP_q	คือ	ปริมาณพลังงานที่สามารถผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
$FuelCost_q$	คือ	ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
$FixedO \& MCost_q$	คือ	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
$VariedO \& MCost_q$	คือ	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบไม่คงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
$InstallCapacity_q$	คือ	กำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
$HeatRate_q$	คือ	ปริมาณความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า q
N	คือ	จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

4.3 ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

ระบบที่ใช้เป็นตัวอย่างในการคำนวณ คือ ระบบทดสอบ IEEE Reliability Test System ซึ่งมีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 32 เครื่อง และมีกำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมดเท่ากับ 3405 MW โหลดสูงสุดในระบบมีค่าเท่ากับ 2850 MW โดยรายละเอียดของค่าสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องรวมถึงข้อมูลโหลดได้นำมาแสดงไว้ใน ภาคผนวก ก.

จากระบบตัวอย่างสามารถแสดงโหลดสูงสุดสะสมรายชั่วโมงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 โหลดรายชั่วโมงของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS

จากข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าจะสามารถสร้างตารางน่าจะเป็นในการขาดกำลังการผลิต (Capacity outage probability table: COPT) ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตาราง COPT ของระบบทดสอบ IEEE Reliability Test System

State	Capacity outage (MW)	Individual Probability	Cumulative Probability
(1)	(2)	(3)	(4)
1	0	0.23639512	1
31	100	0.02999156	0.547601144
40	118	5.52E-09	0.512059147
153	265	1.3116E-05	0.335566652
288	400	0.06572831	0.261873431
444	556	3.4527E-06	0.084578061
488	600	0.00035769	0.062112861
838	950	6.4306E-05	0.007491953
1088	1200	2.4132E-05	0.000791252
1388	1500	2.9915E-07	4.04351E-05

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 หมายถึง สถานะที่ i ของแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าที่พิจารณา

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 หมายถึง ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ขาดกำลังการผลิต ของสถานะที่ i

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 หมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการขาดกำลังการผลิตเป็นปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าดังคอลัมน์ 2 ของแต่ละสถานะ i

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 หมายถึง ความน่าจะเป็นสะสมที่จะเกิดการขาดกำลังการผลิตเป็นอย่างน้อยเป็นปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าดังคอลัมน์ 2 ของแต่ละสถานะ i

จากระเบียบวิธีการที่ได้กล่าวสามารถคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และค่าพลังงานที่คาดว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะผลิตได้ ดังสมการที่ 4.2-4.4 รวมทั้งสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ดังสมการที่ 4.5-4.8 แสดงในตารางที่ 4.2 ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ตารางค่าใช้จ่ายของเดือนสิงหาคม 2552 ดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลคำนวณดัชนี EENS และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า

No. unit	Cap. (MW)	Expected Energy Not Supply (MWh)	Expected Energy Product (MWh)	Fuel Cost (บาท)	Fixed O&M Cost (ล้านบาท)	Varied O&M Cost (บาท)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	50	14,864,642.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
2	50	14,432,210.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
3	50	13,999,778.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
4	50	13,567,346.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
5	50	13,134,914.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
6	50	12,702,482.71	432,432.00	0.00	2.00	56,216,160.00
7	400	9,627,410.71	3,075,072.00	1,230,028,800.00	156.00	861,020,160.00
8	400	6,559,728.82	3,067,681.90	1,227,072,758.47	156.00	858,950,930.93
9	76	5,927,422.34	632,306.48	728,897,614.45	22.04	107,492,101.09
10	76	5,317,899.95	609,522.39	702,633,033.77	22.04	103,618,806.81
11	76	4,735,459.89	582,440.06	671,413,604.48	22.04	99,014,810.33
12	76	4,183,912.33	551,547.56	635,801,963.35	22.04	93,763,084.92

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลคำนวณดัชนี EENS และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (ต่อ)

No. unit	Cap. (MW)	Expected Energy Not Supply (MWh)	Expected Energy Product (MWh)	Fuel Cost (บาท)	Fixed O&M Cost (ล้านบาท)	Varied O&M Cost (บาท)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
13	155	3,195,016.90	988,895.43	1,139,959,097.36	44.95	168,112,223.32
14	155	2,340,412.29	854,604.60	985,154,003.58	44.95	145,282,782.72
15	155	1,632,253.84	708,158.46	816,336,741.83	44.95	120,386,937.53
16	155	1,083,617.59	548,636.25	632,445,922.62	44.95	93,268,162.36
17	350	355,137.71	728,479.88	839,762,460.88	101.50	123,841,578.78
18	20	329,783.45	25,354.26	86,527,756.75	0.20	1,014,170.47
19	20	306,014.43	23,769.02	81,117,716.08	0.20	950,760.72
20	20	283,726.17	22,288.27	76,064,285.67	0.20	891,530.71
21	20	262,788.58	20,937.58	71,454,726.73	0.20	837,503.21
22	12	249,765.67	13,022.92	47,701,522.47	2.04	1,823,208.76
23	12	237,282.90	12,482.76	45,722,978.72	2.04	1,747,586.47
24	12	225,293.46	11,989.44	43,916,009.34	2.04	1,678,521.96
25	12	213,804.95	11,488.51	42,081,156.00	2.04	1,608,391.69
26	12	202,776.69	11,028.26	40,395,310.78	2.04	1,543,956.69
27	100	129,490.77	73,285.92	268,438,266.88	17.00	10,260,028.93
28	100	79,204.51	50,286.25	184,193,019.08	17.00	7,040,075.64
29	100	46,592.79	32,611.72	119,453,155.62	17.00	4,565,641.28
30	197	15,562.42	31,030.37	113,660,834.89	33.49	4,344,251.91
31	197	4,569.41	10,993.01	40,266,192.13	33.49	1,539,021.62
32	197	1,176.30	3,393.11	12,428,581.90	33.49	475,035.14

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 หมายถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i ที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 หมายถึง กำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 หมายถึง ดัชนี EENS ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 หมายถึง พลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 หมายถึง ค่าเชื้อเพลิงในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 หมายถึง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 หมายถึง ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาแบบไม่คงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

จากตารางที่ 4.2 แสดงดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และค่าพลังงานที่คาดว่าจะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะผลิตได้ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง สามารถสรุปผลจากตัวอย่างการคำนวณระบบทดสอบ IEEE-RTS โดยค่าดัชนี LOLE เท่ากับ 9.39 Hour/year ดัชนี EENS เท่ากับ 1,176.3 MWh พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้เท่ากับ 15,295,898.42 MWh และค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 14,894.85 ล้านบาท ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงดัชนีEENS, LOLE และพลังงานที่ผลิตได้ของระบบทดสอบ IEEE-RTS

LOLE (Hour/year)	EENS (MWh)	พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)
(1)	(2)	(3)	(4)
9.39	1,176.30	15,295,898.42	14,894.85

โดยที่

- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 หมายถึง ดัชนี LOLE
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 หมายถึง ดัชนี EENS จากคอลัมน์ที่ 3 ในตารางที่ 4.2 เมื่อเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องสุดท้ายเข้าสู่ระบบ
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 หมายถึง พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ คำนวณจากผลรวมของคอลัมน์ที่ 4 ในตารางที่ 4.2
- ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า คำนวณจากผลรวมของคอลัมน์ที่ 5-7 ในตารางที่ 4.2

4.4 สรุป

บทนี้ได้นำเสนอระเบียบวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของค่าดัชนี Loss of Load Expectation และดัชนี Expected Energy not Supply เพื่อใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า จากนั้นคำนวณหาพลังงานที่สามารถผลิตได้ของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายออกมา แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบ ซึ่งจะนำไปใช้ประเมินคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

หลักการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและแนวทางการประเมินคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน โดยจะ
ใช้การผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนจากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 มาใช้ในการพิจารณาขนาด
ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนที่จะเพิ่มเข้าสู่ระบบผลิตไฟฟ้า

5.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน

ในวิทยานิพนธ์นี้การวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อค่าใช้จ่ายในการผลิต
ไฟฟ้าจะพิจารณาระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2551 เป็นกรณีฐาน
และพิจารณกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยจะใช้ข้อมูลกำลังการผลิตจาก
แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี ของกระทรวงพลังงาน

จากหลักการคำนวณพลังงานที่ผลิตได้ และค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
แต่ละเครื่อง ในบทที่ 4 สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนได้ดังนี้

สมการที่ 5.1 แสดงการคำนวณคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน เมื่อเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
พลังงานหมุนเวียน (unit#RENEW) เข้าสู่ระบบ

$$\text{คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน} = \frac{PC_{Total_BASE} - PC_{Total_RENEW}}{EEP_{Total_BASE} - EEP_{Total_RENEW}} \quad (5.1)$$

โดยที่

PC_{Total_BASE}	คือ	ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตของกรณีระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน)
EEP_{Total_BASE}	คือ	ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้ของระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน)
PC_{Total_RENEW}	คือ	ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานหมุนเวียน
EEP_{Total_RENEW}	คือ	ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานหมุนเวียน

สมการที่ 5.1 แสดงการคำนวณคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน เมื่อเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
พลังงานหมุนเวียน (unit#RENEW) เข้าสู่ระบบ สามารถอธิบายการคำนวณได้ดังนี้

- 1) ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตของกรณีระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน)

$$PC_{Total_Base} = \sum_{q=1}^N PC_q \quad (5.2)$$

โดยที่

PC_q คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ q แสดงการคำนวณไว้ในบทที่ 4

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ

2) ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้ของระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน)

$$EEP_{Total_Base} = \sum_{q=1}^N EEP_q \quad (5.3)$$

โดยที่

EEP_q คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ q แสดงการคำนวณไว้ในบทที่ 4

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ

3) ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานหมุนเวียน

$$PC_{Total_RENEW} = \sum_{q=1}^N PC_{q, q \neq RENEW} \quad (5.4)$$

โดยที่

PC_q คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ q แสดงการคำนวณไว้ในบทที่ 4 ในการหาผลรวมของค่าใช้จ่ายในการผลิตจะละค่าใช้จ่ายในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่เป็นพลังงานหมุนเวียนออก

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ

4) ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานหมุนเวียน

$$EEP_{Total_RENEW} = \sum_{q=1}^N EEP_{q, q \neq RENEW} \quad (5.5)$$

โดยที่

EEP_q คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ q แสดงการคำนวณไว้ในบทที่ 4 ในการหาผลรวมของพลังงานที่ผลิตได้จะละค่าพลังงานที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่เป็นพลังงานหมุนเวียนออก

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ

5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน

เราจะใช้ระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2551 เป็นกรณีฐาน ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ข. ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 85 เครื่อง ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 22,500 MW โดยสามารถแยกประเภทได้ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 23 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 8,586.5 MW
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 49 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 15,081.9 MW
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สจำนวน 13 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 847 MW

ส่วนข้อมูลสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดให้มีค่าตามมาตรฐานของ NERC ปี พ.ศ. 2551 ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ตารางค่าใช้จ่าย ของเดือนสิงหาคม 2552 ดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก ค. สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ใช้อัตราแลกเปลี่ยน 32 บาทต่อ 1 ดอลลาร์

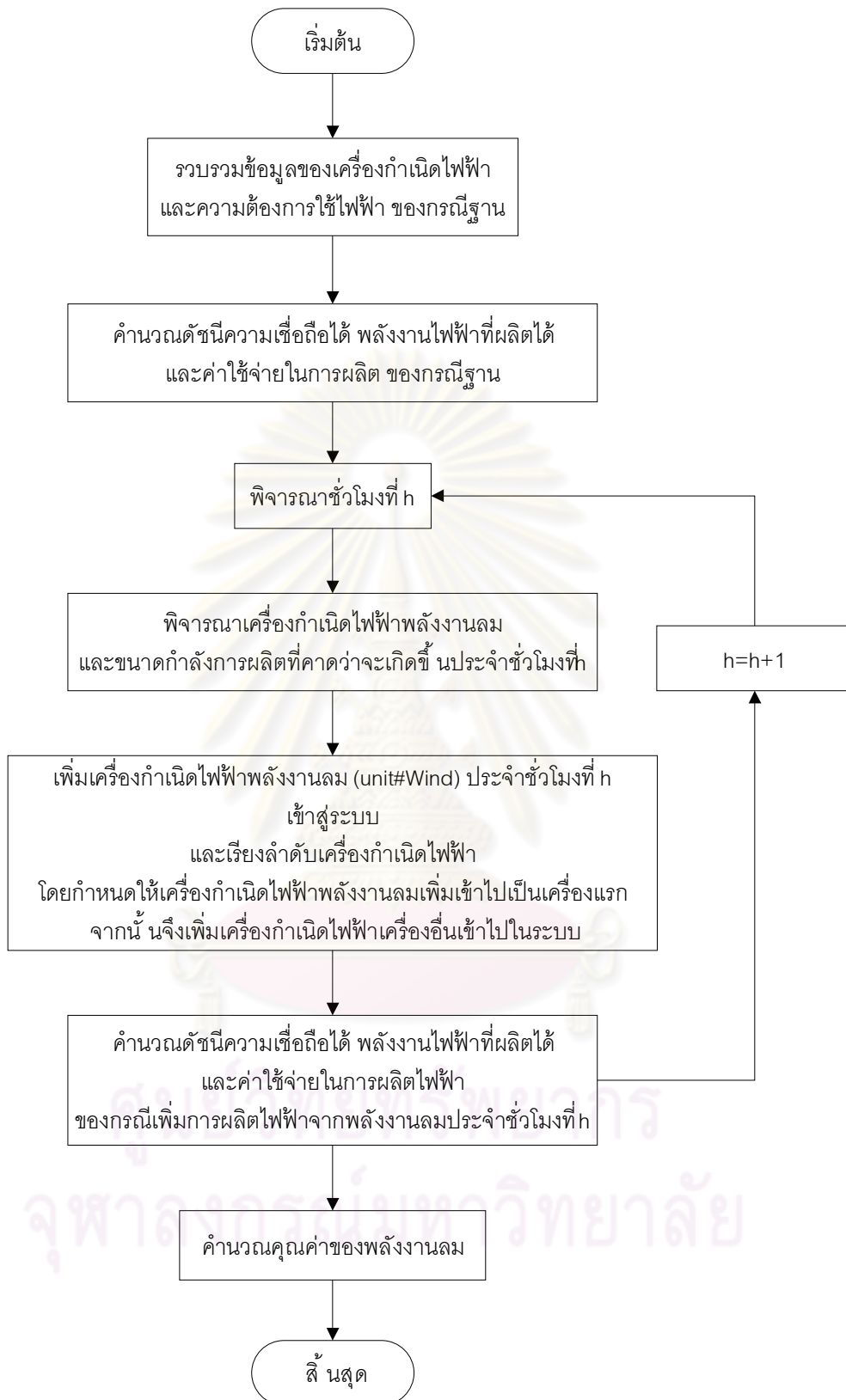
ในการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนนั้น จะใช้ข้อมูลของพลังงานหมุนเวียนสี่ประเภท ได้แก่ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล พิจารณาข้อมูลจากการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้าในบทที่ 3 มาใช้เป็นขนาดกำลังการผลิตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงของพลังงานหมุนเวียนที่พิจารณา

สำหรับระบบพลังงานหมุนเวียน จะใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกำลังผลิตติดตั้งจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนสำหรับผลิตไฟฟ้า ของกระทรวงพลังงาน ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ฉ.

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หาค่าสามารถแยกการพิจารณาตามประเภทของพลังงานหมุนเวียนที่เพิ่มเข้าสู่ระบบได้ดังนี้

5.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานลม

การวิเคราะห์นี้จะเป็นการวิเคราะห์ในกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม โดยจะพิจารณาขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมจากกำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมง แสดงในบทที่ 3 จากนั้นนำมาเรียงลำดับความสำคัญโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานลม

จากแผนภาพขั้นตอนในรูปที่ 5.1 เราสามารถสรุปแนวทางการหาคูณค่าของพลังงานลมได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาระบบระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทยและความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง โดยใช้ระบบทดสอบนี้เป็นกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.3 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.2 ในกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาชั่วโมงที่ h กำหนดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงที่ h โดยใช้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่วิเคราะห์ในบทที่ 3 จากนั้นลำดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามการจัดลำดับความสำคัญ (Priority list) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป

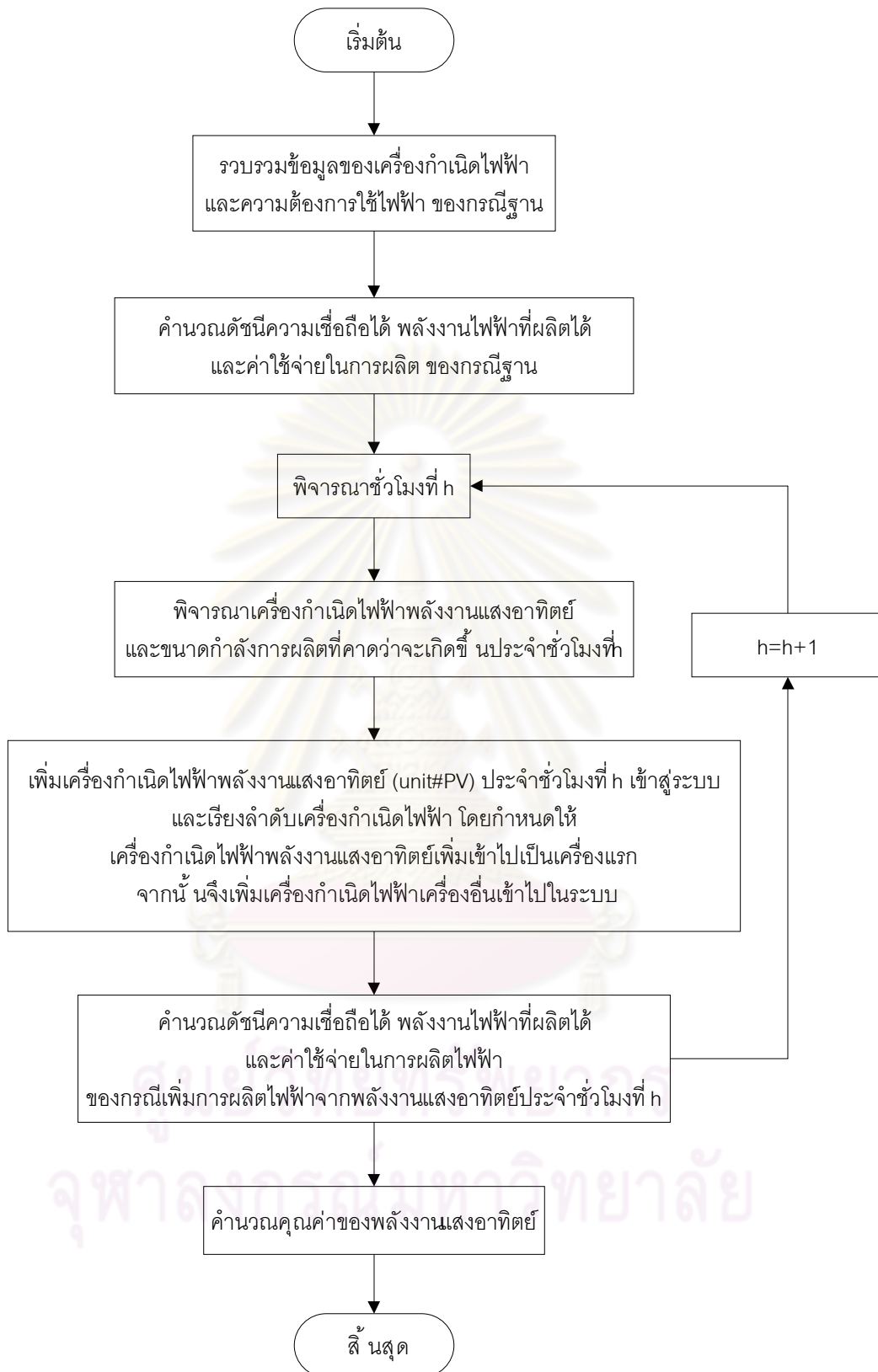
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.5 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.4 ประจำชั่วโมงที่ h

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณคูณค่าของพลังงานลมจากสมการที่ 5.1

5.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์คูณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์นี้จะเป็นการวิเคราะห์ในกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะพิจารณาขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากกำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมง แสดงในบทที่ 3 จากนั้นนำมาเรียงลำดับความสำคัญโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์

จากแผนภาพขั้นตอนในรูปที่ 5.2 เราสามารถสรุปแนวทางการหาคูณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาระบบระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย และความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง โดยใช้ระบบทดสอบนี้เป็นกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.3 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.2 ในกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาชั่วโมงที่ h กำหนดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงที่ h โดยใช้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่วิเคราะห์ในบทที่ 3 จากนั้นลำดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามการจัดลำดับความสำคัญ (Priority list) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป

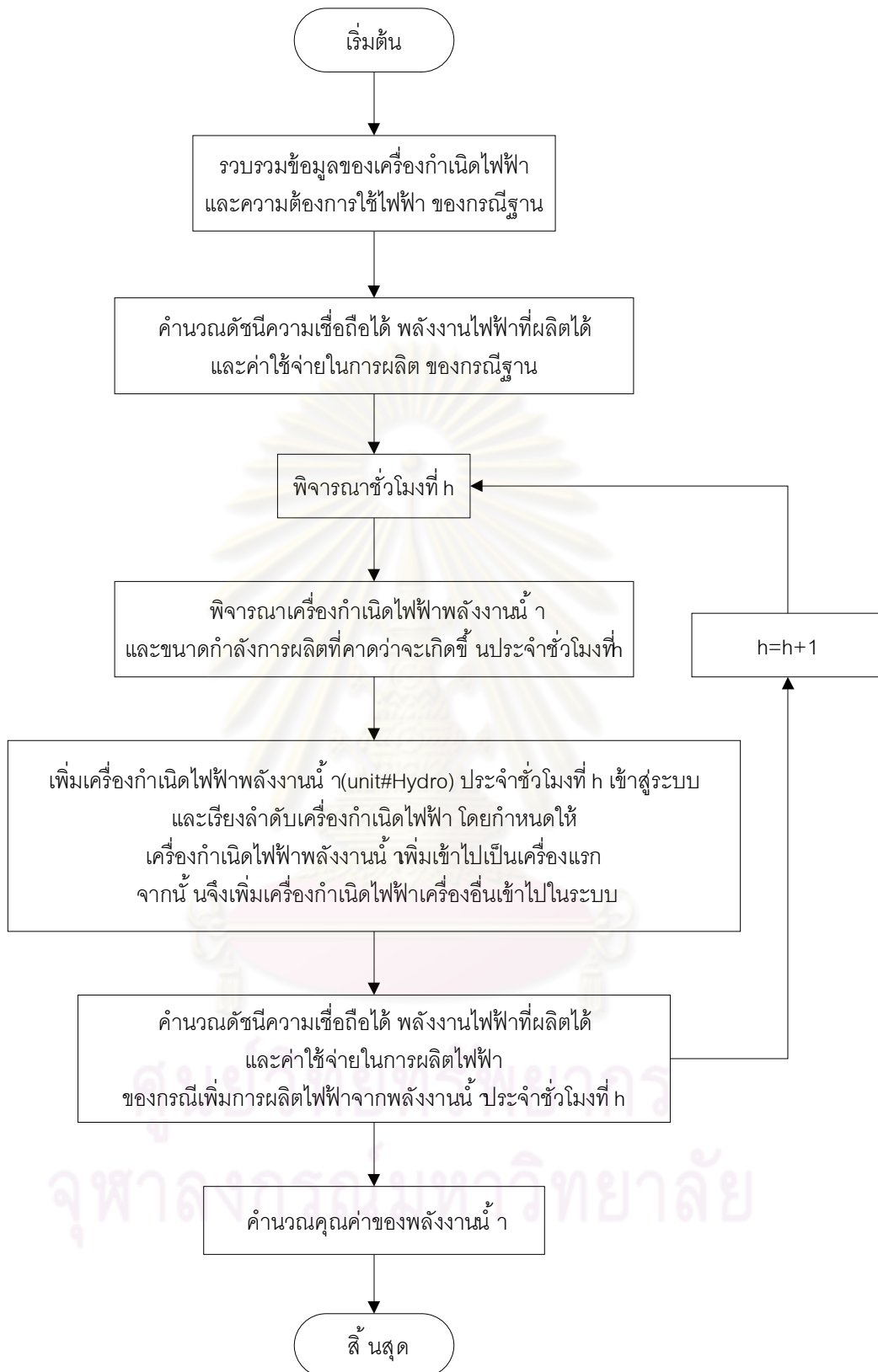
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.5 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.4 ประจำชั่วโมงที่ h

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณคูณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์จากสมการที่ 5.1

5.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์คูณค่าของพลังงานน้ำ

การวิเคราะห์นี้จะเป็นการวิเคราะห์ในกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ โดยจะพิจารณาขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำจากกำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมง แสดงในบทที่ 3 จากนั้นนำมาเรียงลำดับความสำคัญโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานน้ำ

จากแผนภาพขั้นตอนในรูปที่ 5.3 เราสามารถสรุปแนวทางการหาค่าของพลังงานน้ำได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาระบบระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย และความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง โดยใช้ระบบทดสอบนี้เป็นกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.3 และ ค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.2 ในกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาชั่วโมงที่ h กำหนดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงที่ h โดยใช้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่วิเคราะห์ในบทที่ 3 จากนั้นลำดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามการจัดลำดับความสำคัญ (Priority list) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป

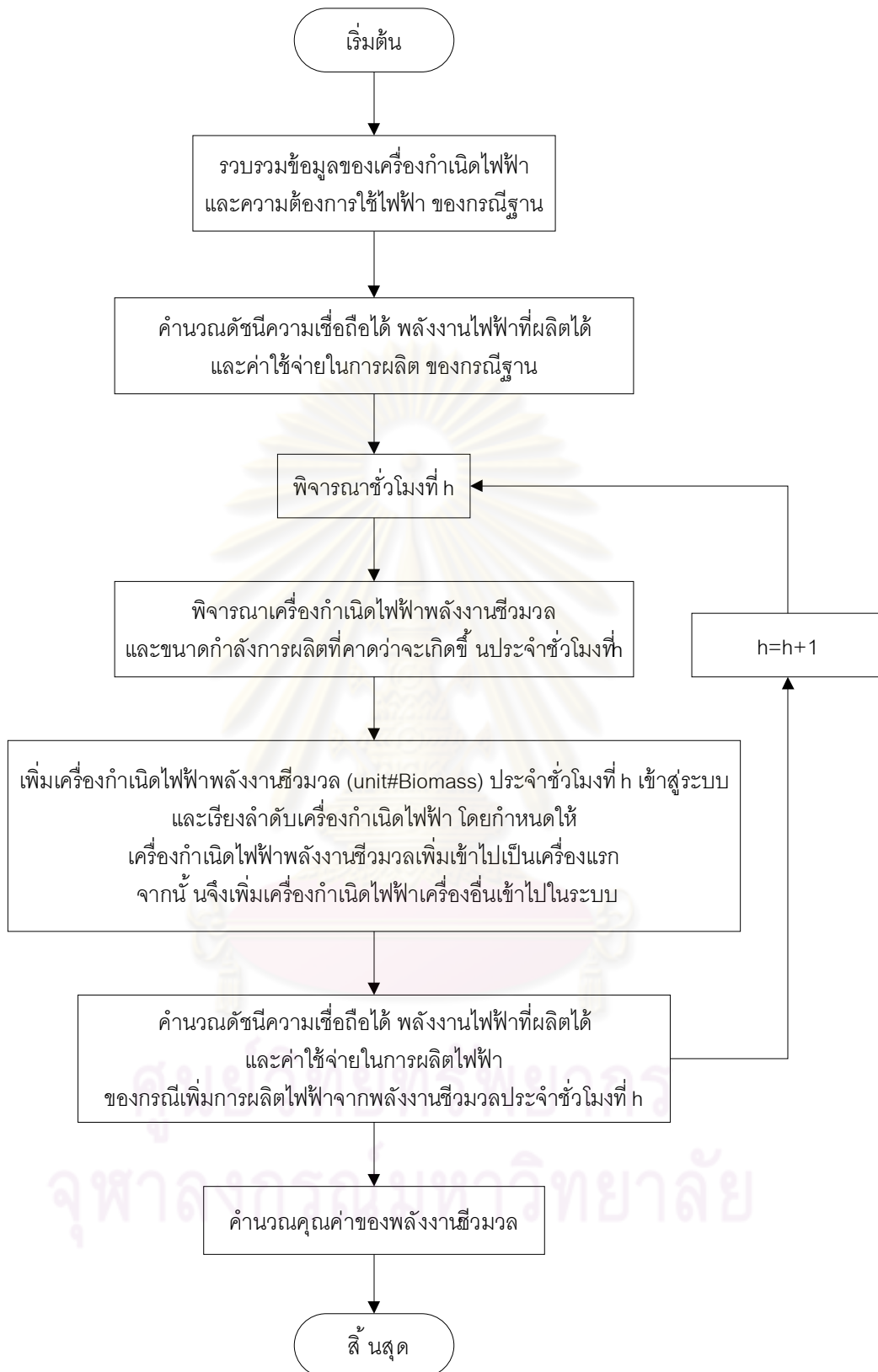
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.5 และ ค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.4 ประจำชั่วโมงที่ h

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณคุณค่าของพลังงานน้ำจากสมการที่ 5.1

5.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานชีวมวล

การวิเคราะห์นี้จะเป็นการวิเคราะห์ในกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล โดยจะพิจารณาขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลจากกำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ประจำชั่วโมง แสดงในบทที่ 3 จากนั้นนำมาเรียงลำดับความสำคัญโดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 แผนภาพขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานชีวมวล

จากแผนภาพขั้นตอนในรูปที่ 5.4 เราสามารถสรุปแนวทางการหาค่าของพลังงานชีวมวลได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาระบบระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย และความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมง โดยใช้ระบบทดสอบนี้เป็นกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 2 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.3 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.2 ในกรณีฐาน

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาชั่วโมงที่ h กำหนดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงที่ h โดยใช้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลที่วิเคราะห์ในบทที่ 3 จากนั้นลำดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามการจัดลำดับความสำคัญ (Priority list) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานชีวมวลเป็นเครื่องแรกที่ถูกเพิ่มเข้าสู่ระบบ แล้วจึงเพิ่มเครื่องอื่นๆ ในกรณีฐานรวมเข้าไป

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินความเชื่อถือได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ 5.5 และค่าใช้จ่ายของการผลิตไฟฟ้าจากสมการที่ 5.4 ประจำชั่วโมงที่ h

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณคุณค่าของพลังงานชีวมวลจากสมการที่ 5.1

5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียน

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการคำนวณคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทที่เพิ่มเข้าสู่ระบบ โดยใช้ระบบตัวอย่าง IEEE-RTS เป็นกรณีฐาน ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 32 เครื่อง กำลังการผลิตติดตั้งทั้งหมด 3,405 MW และความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 2,850 MW แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก. ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ตารางค่าใช้จ่าย ของเดือนสิงหาคม 2552 ดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก ค. สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ใช้อัตราแลกเปลี่ยน 32 บาทต่อ 1 ดอลลาร์ แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 กรณีฐานของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS

LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ $E_{P_{ToTa_Base}}$ (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า PC_{Total_Base} (ล้านบาท)
(1)	(2)	(3)	(4)
9.39	1,176.30	15,295,898.42	14,891.23

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 ดัชนี LOLE ของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 ดัชนี EENS ของระบบตัวอย่าง IEEE-RTS

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้ของระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน) ดังสมการที่ 5.3

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตของกรณีระบบตัวอย่างเดิม (กรณีฐาน) ดังสมการที่ 5.2

5.3.1 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานลมมีค่ารวมกันเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมด และค่า $FOR=0.2$ ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานลม แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 คุณค่าของพลังงานลม กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

พลัง ลม (MW)	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (h/yr)	EENS (MWh)	พลังงานรวม EEP_{Total_Wind} (MWh)	ค่าใช้จ่ายรวม PC_{Total_Wind} (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
35	15,295,931.05	9.16	1,143.66	15,257,004.74	14,825.67	1.69
70	15,295,966.43	8.91	1,108.28	15,218,107.07	14,760.86	1.68
100	15,295,992.53	8.72	1,082.18	15,184,763.23	14,705.83	1.67
135	15,296,021.44	8.51	1,053.27	15,145,858.68	14,642.27	1.66
170	15,296,047.41	8.33	1,027.30	15,106,950.96	14,579.39	1.65

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 สัดส่วนกำลังผลิตจากพลังงานลม

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ดัชนี LOLE ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานลม

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ดัชนี EENS ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานลม

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานลม ดังสมการที่ 5.5

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานลม ดังสมการที่ 5.4

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 คุณค่าของพลังงานลม ดังสมการที่ 5.1

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานลม ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานลมต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 1.7 บาท/kWh

5.3.2 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ารวมกันเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมด และค่า FOR=0.1 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

พลังแสงอาทิตย์ (MW)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (h/yr)	EENS (MWh)	พลังงานรวม EEP _{Total_Wind} (MWh)	ค่าใช้จ่ายรวม PC _{Total_Wind} (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
35	15,295,944.31	8.88	1,130.40	15,247,371.44	14,796.80	1.95
70	15,296,002.45	8.41	1,072.26	15,198,835.52	14,704.25	1.93
100	15,296,051.28	8.07	1,023.43	15,157,227.28	14,626.19	1.91
135	15,296,086.73	7.70	987.98	15,108,678.17	14,536.59	1.89
170	15,296,139.36	7.37	935.35	15,060,123.06	14,448.48	1.88

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 สัดส่วนกำลังผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ดัชนี LOLE ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ดัชนี EENS ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังสมการที่ 5.5

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ ดังสมการที่ 5.4

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ ดังสมการที่ 5.1

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 1.9 บาท/kWh

5.3.3 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานน้ำมีค่ารวมกันเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมด และค่า FOR=0.02 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานน้ำแสดงในตารางที่ 5.4 ตารางที่ 5.4 คุณค่าของพลังงานน้ำ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

พลังน้ำ (MW)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (h/yr)	EENS (MWh)	พลังงานรวม EEP _{Total_Wind} (MWh)	ค่าใช้จ่ายรวม PC _{Total_Wind} (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
35	15,296,138.64	7.75	936.07	15,223,343.55	14,720.88	2.35
70	15,296,325.03	6.36	749.68	15,150,733.74	14,558.68	2.29
100	15,296,449.08	5.37	625.63	15,088,460.33	14,425.28	2.25
135	15,296,560.89	4.46	513.82	15,015,774.42	14,275.67	2.20
170	15,296,645.53	3.80	429.18	14,943,060.78	14,132.22	2.15

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 สัดส่วนกำลังผลิตจากพลังงานน้ำ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ดัชนี LOLE ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานน้ำ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ดัชนี EENS ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานน้ำ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานน้ำ ดังสมการที่ 5.5

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานน้ำ ดังสมการที่ 5.4

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 คุณค่าของพลังงานน้ำ ดังสมการที่ 5.1

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานน้ำ ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานน้ำต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 2.3 บาท/kWh

5.3.4 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานชีวมวลมีค่ารวมกันเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมด และค่า FOR=0.15 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานชีวมวล แสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 คุณค่าของพลังงานชีวมวล กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

พลังชีวมวล (MW) (1)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh) (2)	LOLE (h/yr) (3)	EENS (MWh) (4)	พลังงานรวม EEP _{Total_Wind} (MWh) (5)	ค่าใช้จ่ายรวม PC _{Total_Wind} (ล้านบาท) (6)	คุณค่า (บาท/kWh) (7)
35	15,296,055.07	8.32	1,019.64	15,112,626.72	14,580.59	1.69
70	15,296,189.04	7.32	885.67	14,929,328.33	14,275.72	1.68
100	15,296,287.94	6.53	786.77	14,772,196.69	14,018.84	1.67
135	15,296,387.23	5.72	687.48	14,588,857.50	13,724.21	1.65
170	15,296,471.25	5.08	603.46	14,405,500.34	13,434.91	1.64

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 สัดส่วนกำลังผลิตจากพลังงานชีวมวล

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ดัชนี LOLE ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานชีวมวล

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ดัชนี EENS ของกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานชีวมวล

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากพลังงานชีวมวล ดังสมการที่ 5.5

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากพลังงานชีวมวล ดังสมการที่ 5.4

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 คุณค่าของพลังงานชีวมวล ดังสมการที่ 5.1

จากตารางที่ 5.5 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานชีวมวลทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานชีวมวลต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 1.7 บาท/kWh

5.3.5 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ มีค่ารวมกันเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5% ของกำลังผลิตทั้งหมด และค่า FOR=0.02 ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ แสดงในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 คุณค่าของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

เชื้อเพลิง ก๊าซ ธรรมชาติ (MW) (1)	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh) (2)	LOLE (h/yr) (3)	EENS (MWh) (4)	พลังงานรวม EEP _{Total_Wind} (MWh) (5)	ค่าใช้จ่ายรวม PC _{Total_Wind} (ล้านบาท) (6)	คุณค่า (บาท/kWh) (7)
35	15,296,184.44	7.35	890.27	14,997,429.91	14,388.36	1.68
70	15,296,404.48	5.67	670.23	14,697,785.11	13,899.08	1.66
100	15,296,550.33	4.49	524.39	14,440,946.71	13,492.53	1.64
135	15,296,681.42	3.42	393.29	14,141,301.91	13,029.11	1.61
170	15,296,780.00	2.62	294.71	13,841,657.11	12,579.77	1.59

โดยที่

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 1 สัดส่วนกำลังผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 พลังงานทั้งหมดที่ผลิตได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ดัชนี LOLE ของกรณีที่มีการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 4 ดัชนี EENS ของกรณีที่มีการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 5 ผลรวมพลังงานที่ผลิตได้กรณีที่มีการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ดังสมการที่ 5.5

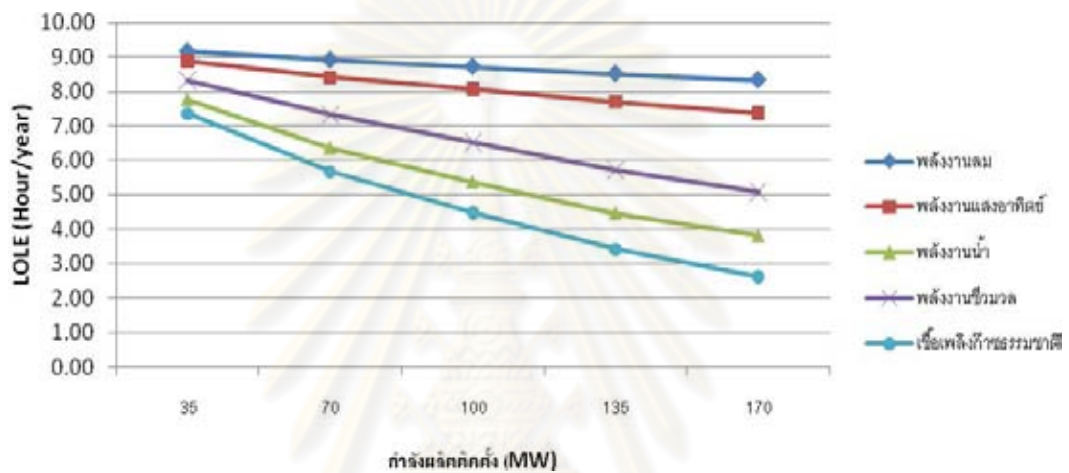
ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 6 ผลรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกรณีที่มีการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ดังสมการที่ 5.4

ข้อมูลในคอลัมน์ที่ 7 คุณค่าของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ดังสมการที่ 5.1

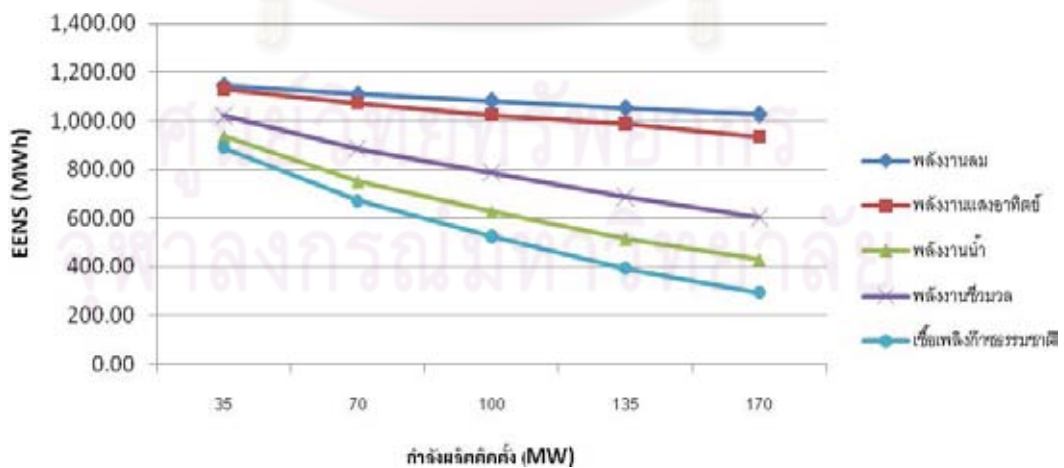
จากตารางที่ 5.6 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 1.6 บาท/kWh

5.3.6 การเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า กรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน

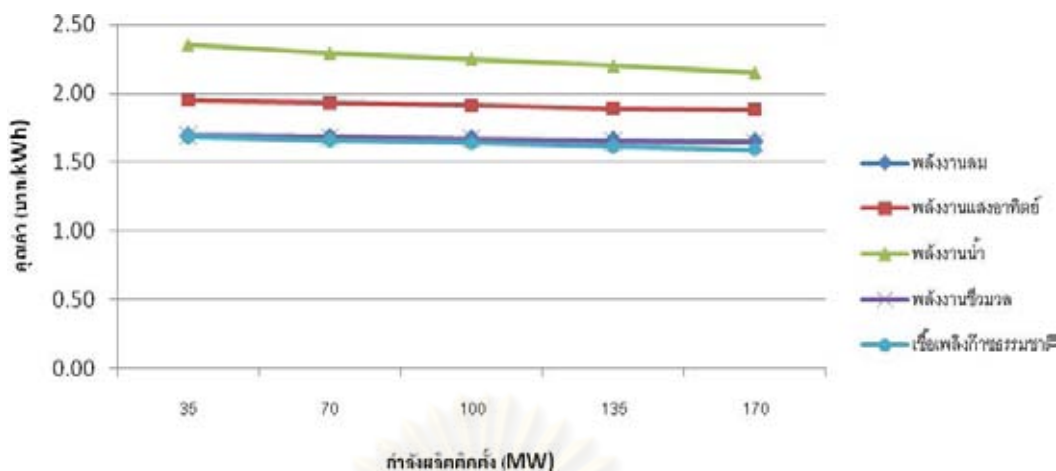
จากตารางที่ 5.2-5.6 ในคอลัมน์ที่ 3 และ 4 จะแสดงค่าดัชนี LOLE และ EENS ของระบบ กรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนประเภทเพิ่มเข้าสู่ระบบ ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อถือได้และสัดส่วนของกำลังการผลิต ได้ดังรูปที่ 5.5 และ 5.6 และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่าและสัดส่วนของกำลังการผลิตของพลังงานหมุนเวียน ได้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.5 ดัชนี LOLE ของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน



รูปที่ 5.6 ดัชนี EENS ของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน



รูปที่ 5.7 คุณค่าของกรณีเพิ่มกำลังผลิตจากพลังงานหมุนเวียน

จากรูปที่ 5.5 - 5.7 พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท จะทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และ EENS มีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนจะทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มมากขึ้น และคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนที่แสดงในหัวข้อ 5.3 พบว่าคุณค่าของพลังลมมีค่าประมาณ 1.7 บาท/kWh คุณค่าของพลังแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 1.9 บาท/kWh คุณค่าของพลังน้ำมีค่าประมาณ 2.3 บาท/kWh คุณค่าของพลังชีวมวลมีค่าประมาณ 1.7 บาท/kWh โดยคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนดังกล่าวเป็นคุณค่าเฉลี่ยต่อระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีได้รวมถึงการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่อย่างใด

แต่หากพิจารณารูปที่ 5.5 - 5.7 โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทกับกรณีเพิ่มกำลังการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ พบว่าพลังงานหมุนเวียนมีดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และ EENS ลดลงน้อยกว่าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เพราะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถกำหนดการผลิตไฟฟ้าได้ เช่น สำหรับกังหันลมจะผลิตไฟฟ้าได้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมซึ่งความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าต่ำจึงประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้น้อย สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งครอบคลุมช่วงโหลดสูงสุดจึงทำให้มีคุณค่าเฉลี่ยสูงกว่าพลังงานลม สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้นมีลักษณะเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขีดจำกัดทางด้านพลังงาน และใช้งานในลักษณะที่เป็นการตัดยอดโหลด (Peak Shaving) จึงทำให้มีคุณค่าสูงกว่าพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่นๆ สำหรับพลังงานจากชีวมวลและก๊าซธรรมชาติมีการจ่ายโหลดที่ค่อนข้างต่อเนื่อง จึงมีคุณค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำกว่าพลังงานชนิดอื่นๆ

5.4 การวิเคราะห์คุณค่าต่อลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่แสดงในบทที่ 3 พิจารณาจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น การกระจายแบบไวบูลล์ ทำให้พารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานหมุนเวียน

5.4.1 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของกังหันลม

การวิเคราะห์ข้อมูลของพลังงานลม ใช้การกระจายข้อมูลแบบไวบูลล์ในการหาความเร็วลมในช่วงเวลาใดๆ สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกสามารถวิเคราะห์จากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ k ที่ใช้ในสมการที่ 3.2 ทำให้ค่า Plant Factor ของพลังงานลมมีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานลมที่มีต่อคุณค่าของระบบ

k	Plant Factor (%)	LOLE (Hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
1	21.21	9.3919	1,175.99	14,890.75	1.70436
2	18.93	9.3926	1,176.01	14,890.80	1.70604
3	15.38	9.3927	1,176.06	14,890.88	1.70878
4	13.56	9.3928	1,176.07	14,890.92	1.70961

จากตารางที่ 5.7 พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก จะส่งผลกระทบต่อคุณค่าของระบบ โดยเมื่อพารามิเตอร์ k มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ Plant Factor มีค่าลดลง มีผลให้คุณค่าของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

5.4.2 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์

การวิเคราะห์ข้อมูลของพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้การจำลองข้อมูลความเข้มแสงจากการประมวลผลของโปรแกรม Homer สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกสามารถวิเคราะห์จากการเปลี่ยนค่าผลคูณของค่าชดเชยกำลังสูญเสียที่ใช้ในสมการที่ 3.4 ทำให้ค่า Plant Factor ของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อคุณค่าของระบบ

ผลคูณของ ค่าชดเชย กำลังสูญเสีย	Plant Factor (%)	LOLE (Hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ใน การผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)]	คุณค่า (บาท/kWh)
0.6	13.66	9.3821	1,174.33	14,888.86	1.96268
0.7	15.94	9.3781	1,174.00	14,888.46	1.96262
0.8	18.22	9.3749	1,173.67	14,888.07	1.96255
0.9	20.50	9.3738	1,173.35	14,887.67	1.96249
1	22.77	9.3729	1,173.02	14,887.28	1.96243

จากตารางที่ 5.8 พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก จะส่งผลกระทบต่อคุณค่าของระบบ โดยเมื่อผลคูณของค่าชดเชยกำลังสูญเสีย มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ Plant Factor มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้คุณค่าของระบบมีค่าลดลง

5.4.3 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลของพลังงานน้ำ ใช้การกระจายข้อมูลพลังงานในการหาช่วงเวลาเดินเครื่องโดยกำหนดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปหักออกจากโหลดประจำชั่วโมง สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกสามารถวิเคราะห์จากการเปลี่ยนกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ค่า Plant Factor ของพลังงานน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานน้ำที่มีต่อคุณค่าของระบบ

กำลัง ผลิต (MW)	Plant Factor (%)	LOLE (Hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ใน การผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)]	คุณค่า (บาท/kWh)
0.70	0.1667	9.3649	1,170.82	14,887.72	2.4135
0.80	0.1905	9.3622	1,170.03	14,887.22	2.4134
0.90	0.2143	9.3599	1,169.25	14,886.73	2.4131
1.00	0.2381	9.3484	1,168.47	14,886.23	2.4128

จากตารางที่ 5.9 พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก จะส่งผลกระทบต่อคุณค่าของระบบ โดยเมื่อกำลังผลิต มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ Plant Factor มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้คุณค่าของระบบมีค่าลดลง

5.4.4 วิเคราะห์คุณค่าต่อกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานชีวมวล

การวิเคราะห์ข้อมูลของพลังงานชีวมวล ใช้ค่า Plant Factor ในการกระจายข้อมูลพลังงาน โดยจะเดินเครื่องตลอดเวลา สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกสามารถวิเคราะห์จากการเปลี่ยนค่า Plant Factor ของพลังงานชีวมวล ซึ่งจะมีผลต่อคุณค่าของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานชีวมวลที่มีต่อคุณค่าของระบบ

Plant Factor (%)	LOLE (Hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
0.5	9.36707	1171.61	14883.76	1.71092
0.6	9.36279	1170.67	14882.27	1.71085
0.7	9.35907	1169.73	14880.78	1.71078
0.8	9.35610	1168.80	14879.28	1.71072

จากตารางที่ 5.10 พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของกำลังไฟฟ้าขาออก จะส่งผลกระทบต่อคุณค่าของระบบ โดยเมื่อ Plant Factor มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้คุณค่าของระบบมีค่าลดลง

จากตารางที่ 5.7-5.10 แสดงให้เห็นว่า Output Characteristic ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท มีผลต่อคุณค่าของระบบ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลของพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทจึงควรมีการเปรียบเทียบให้ค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริง แล้วจึงนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

5.5 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนและได้กล่าวถึงแนวคิดในการคำนวณเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ประกอบการประเมินคุณค่า ทั้งนี้เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนเพื่อที่จะใช้ประโยชน์ในการกำหนดแนวทางส่งเสริมพลังงานหมุนเวียนต่อไปในอนาคต

บทที่ 6

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบของการประเมินคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า และผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ที่มีต่อระบบผลิตไฟฟ้ากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน พิจารณาระบบผลิตไฟฟ้าที่ดัดแปลงของประเทศไทย เป็นกรณีฐาน และทำการทดสอบกรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท

6.1 ผลการทดสอบ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนในบทที่ 5 เราจะใช้ระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2551 เป็นกรณีฐาน ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข. ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 85 เครื่อง ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 22,500 MW โดยสามารถแยกประเภทได้ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 23 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 8,586.5 MW
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 49 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 15,081.9 MW
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สจำนวน 13 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 847 MW

ส่วนข้อมูลสมรรถนะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำหนดให้มีค่าตามมาตรฐานของ NERC ปี พ.ศ. 2551 ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ตารางค่าใช้จ่าย ของเดือนสิงหาคม 2552 ดังแสดงไว้ใน ภาคผนวก ค. สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ใช้อัตราแลกเปลี่ยน 32 บาทต่อ 1 ดอลลาร์ แสดงดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 กรณีฐานของระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย

LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการผลิต ไฟฟ้า (ล้านบาท)
20.65	10,101.89	148,146,344.11	252,001.22

ในการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนนั้น จะใช้ข้อมูลของพลังงานหมุนเวียนดีประเภท ได้แก่ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานชีวมวล พิจารณาข้อมูลจากการวิเคราะห์ลักษณะพลังงานหมุนเวียนต่อการผลิตไฟฟ้าในบทที่ 3 มาใช้เป็นขนาดกำลังการผลิตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประจำชั่วโมงของพลังงานหมุนเวียนที่พิจารณา

สำหรับระบบพลังงานหมุนเวียน จะใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกำลังผลิตติดตั้งจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนสำหรับผลิตไฟฟ้า ของกระทรวงพลังงาน ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ฉ.

6.1.1 คุณค่าของพลังงานลม กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

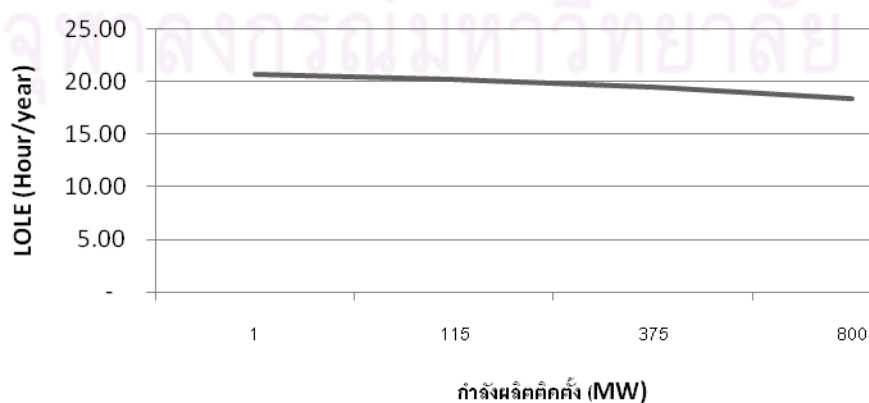
พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานลมจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ของกระทรวงพลังงาน แสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ฉ. ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานลม แสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 คุณค่าของพลังงานลมต่อระบบผลิตไฟฟ้า

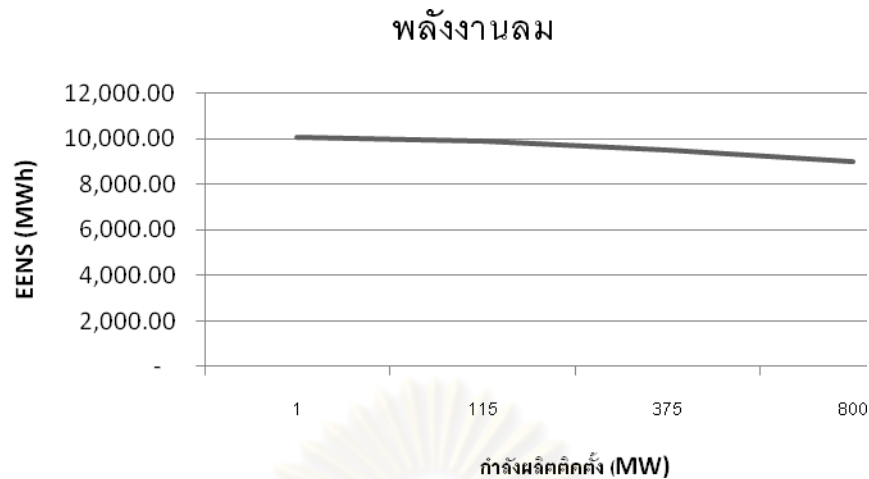
พลังลม (MW)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
1	148,166,546.07	20.65	10,100.07	251,998.71	2.26
115	148,166,347.22	20.25	9,901.22	251,712.69	2.25
375	148,165,947.91	19.44	9,501.91	251,062.35	2.25
800	148,165,423.87	18.36	8,977.87	250,004.87	2.24

จากตารางที่ 6.2 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานลม ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานลมต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 2.3 บาท/kWh ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อถือได้และคุณค่าต่อการเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิต แสดงดังรูปที่ 6.1-6.3

พลังงานลม



รูปที่ 6.1 ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม



รูปที่ 6.2 ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม



รูปที่ 6.3 ค่าใช้จ่ายของระบบ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

6.1.2 ค่าใช้จ่ายของพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ของกระทรวงพลังงาน แสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก จ. ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และค่าใช้จ่ายของพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงในตารางที่ 6.3

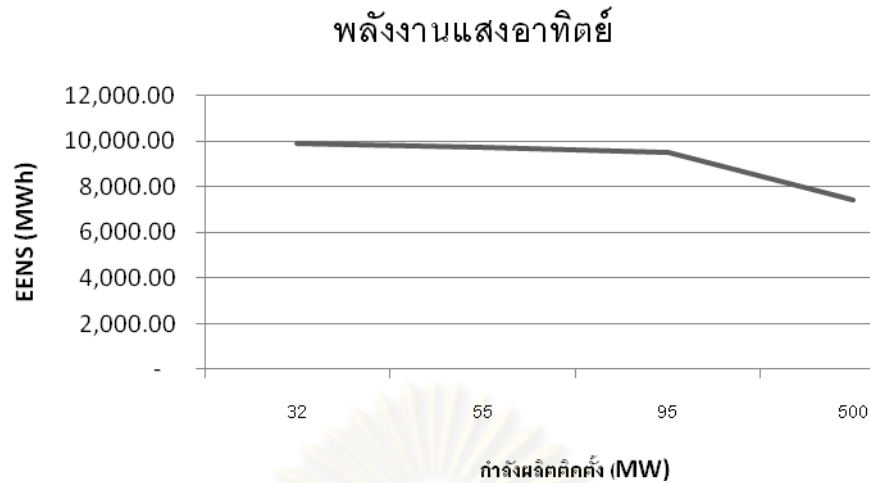
ตารางที่ 6.3 คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อระบบผลิตไฟฟ้า

พลังแสงอาทิตย์ (MW)	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
32	148,166,335.82	20.27	9,889.82	251,895.33	2.39
55	148,166,187.26	20.00	9,741.26	251,819.27	2.39
95	148,165,936.36	19.54	9,490.36	251,687.11	2.39
500	148,163,861.88	15.68	7,415.88	250,356.50	2.37

จากตารางที่ 6.3 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 2.4 บาท/kWh ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อถือได้และคุณค่าต่อการเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิต แสดงดังรูปที่ 6.4-6.6



รูปที่ 6.4 ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 6.5 ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 6.6 มูลค่าของระบบ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

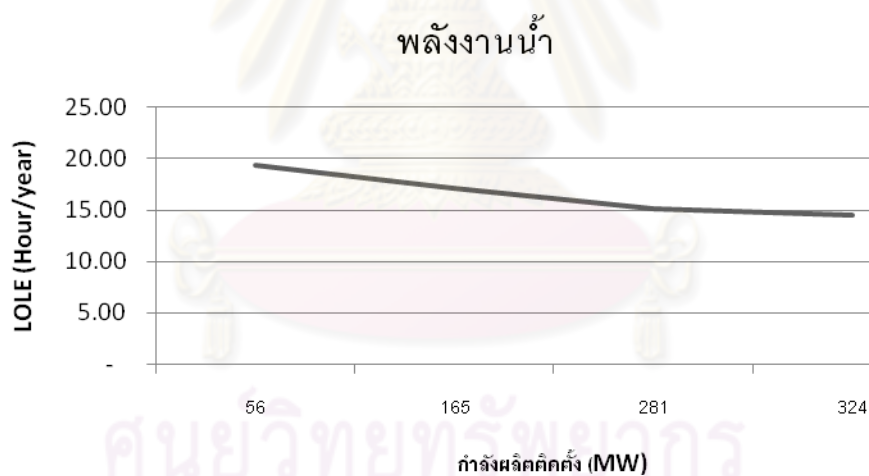
6.1.3 มูลค่าของพลังงานน้ำ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานน้ำจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ของกระทรวงพลังงาน แสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ข. ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และมูลค่าของพลังงานน้ำ แสดงในตารางที่ 6.4

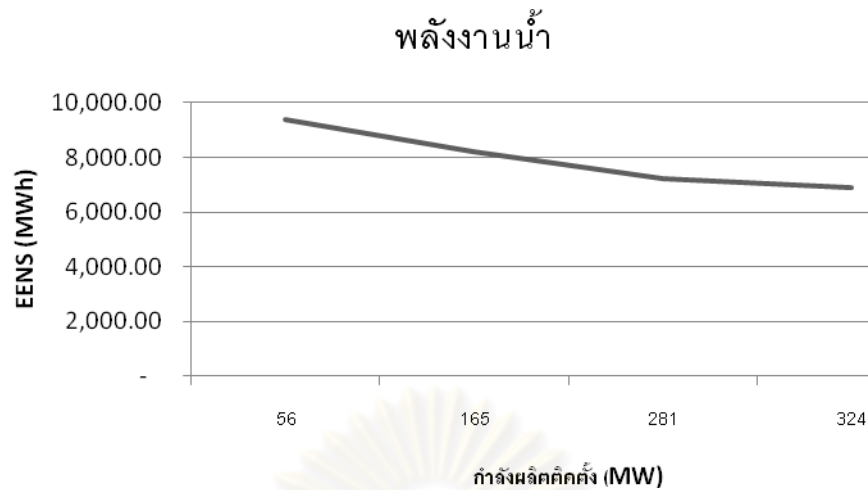
ตารางที่ 6.4 คุณค่าของพลังงานน้ำต่อระบบผลิตไฟฟ้า

พลังงานน้ำ (MW)	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
56	148,165,840.50	19.32	9,394.50	251,719.49	2.50
165	148,164,661.28	17.07	8,215.28	251,173.97	2.49
281	148,163,649.93	15.11	7,203.93	250,597.38	2.48
324	148,163,329.55	14.49	6,883.55	250,384.63	2.47

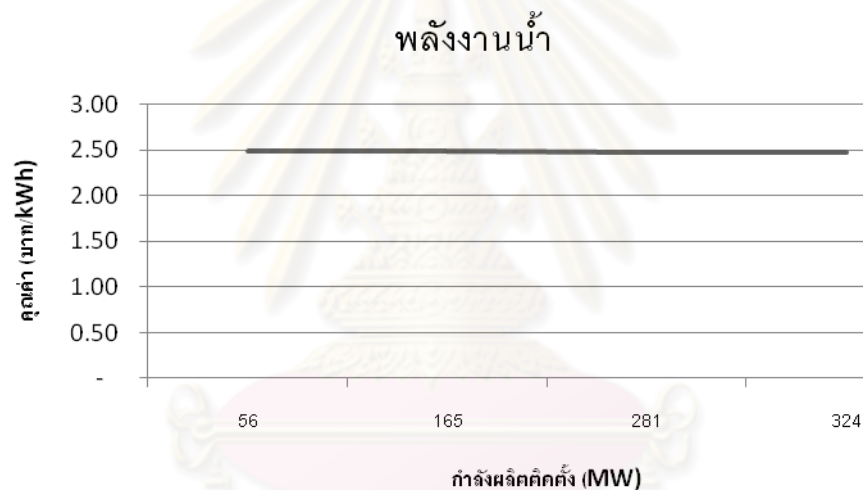
จากตารางที่ 6.4 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานน้ำ ทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานน้ำต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 2.5 บาท/kWh ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อถือได้และคุณค่าต่อการเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิต แสดงดังรูปที่ 6.7-6.9



รูปที่ 6.7 ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ



รูปที่ 6.8 ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ



รูปที่ 6.9 คุณค่าของระบบ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

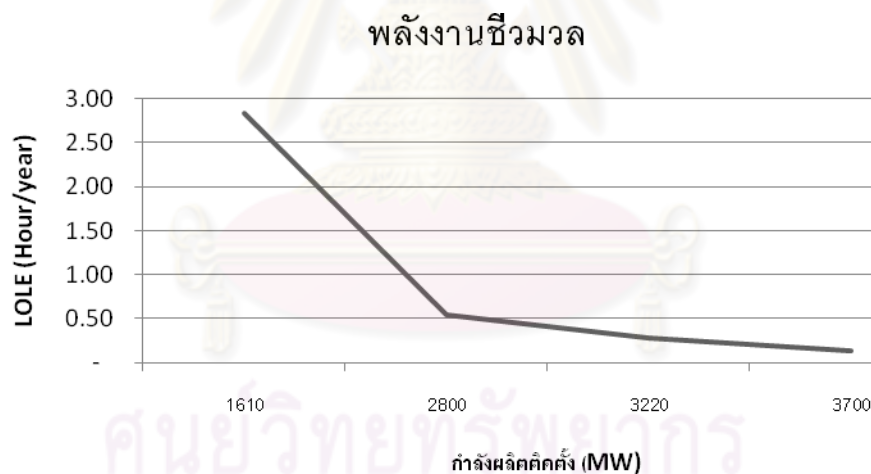
6.1.4 คุณค่าของพลังงานชีวมวล กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

พิจารณากรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล โดยสมมติระดับสัดส่วนของกำลังผลิตจากพลังงานชีวมวลจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน ของกระทรวงพลังงาน แสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ข. ผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ และคุณค่าของพลังงานชีวมวล แสดงในตารางที่ 6.5

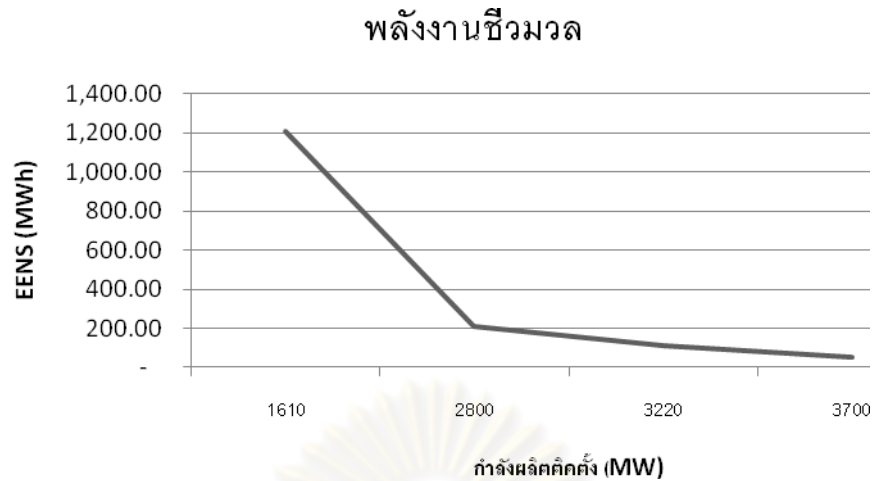
ตารางที่ 6.5 คุณค่าของพลังงานชีวมวลต่อระบบผลิตไฟฟ้า

พลัง ชีวมวล (MW)	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมดที่ผลิตได้ (MWh)	LOLE (hour/year)	EENS (MWh)	ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตไฟฟ้า (ล้านบาท)	คุณค่า (บาท/kWh)
1610	148,157,653.96	2.84	1,207.96	233,195.24	2.22
2800	148,156,654.25	0.54	208.25	219,722.10	2.19
3220	148,156,553.86	0.29	107.86	215,042.89	2.19
3700	148,156,495.67	0.14	49.67	209,740.93	2.17

จากตารางที่ 6.5 จะเห็นว่าเนื่องจากระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังงานชีวมวลทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง และคุณค่าของพลังงานชีวมวลต่อระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าประมาณ 2.2 บาท/kWh ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความเชื่อถือได้และคุณค่าต่อการเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิต แสดงดังรูปที่ 6.10-6.12



รูปที่ 6.10 ดัชนี LOLE กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล



รูปที่ 6.11 ดัชนี EENS กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล



รูปที่ 6.12 คุณค่าของระบบ กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

- 1) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลของตารางที่ 6.2-6.5 แล้วจะพบว่าเมื่อระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากพลังหมุนเวียนแต่ละประเภทพบว่าดัชนีความเชื่อถือได้ EENS และ LOLE มีค่าลดลง แสดงว่าระบบผลิตไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้เพิ่มมากขึ้น
- 2) เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าแล้วพบว่าเมื่อระบบผลิตมีกำลังการผลิตรวมเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตมีค่าลดลง และเมื่อประเมินคุณค่าของพลังหมุนเวียนต่อระบบผลิตไฟฟ้า ในกรณีเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังหมุนเวียน จะพบว่าคุณค่าของพลังงานลมมีค่าประมาณ 2.3 บาท/kWh คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์มี

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษามลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตรวมจากพลังงานหมุนเวียนสี่ประเภท ได้แก่ พลังงานจากกังหันลม พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์หรือโฟโตโวลตาอิก พลังงานจากชีวมวล และพลังงานน้ำ โดยศึกษาผลจากการเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนทั้งสี่ประเภท โดยใช้ระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย เป็นกรณีฐาน จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาผลการวิเคราะห์ผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า พบว่าเมื่อเพิ่มสัดส่วนของกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภท จะทำให้ดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และ EENS มีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนจะทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มมากขึ้น แต่หากพิจารณาโดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทกับกรณีเพิ่มกำลังการผลิตจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ พบว่าพลังงานหมุนเวียนมีดัชนีความเชื่อถือได้ LOLE และ EENS ลดลงน้อยกว่าเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เพราะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสามารถผลิตไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง แต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถกำหนดการผลิตไฟฟ้าได้ เช่น สำหรับกังหันลมจะผลิตไฟฟ้าได้ขึ้นอยู่กับความเร็วลมซึ่งความเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าต่ำจึงประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้น้อย สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งครอบคลุมช่วงโหลดสูงสุดจึงทำให้มีคุณค่าเฉลี่ยสูงกว่าพลังงานลม สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้นมีลักษณะเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขีดจำกัดทางด้านพลังงาน และใช้งานในลักษณะที่เป็นการตัดยอดโหลด (Peak Shaving) จึงทำให้มีคุณค่าสูงกว่าพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่นๆ สำหรับพลังงานจากชีวมวลและก๊าซธรรมชาติมีการจ่ายโหลดที่ค่อนข้างต่อเนื่อง จึงมีคุณค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำกว่าพลังงานชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามพลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีมลพิษ ไม่มีวันหมดไป และไม่ต้องซื้อหาเชื้อเพลิง จึงควรส่งเสริมให้มีการเพิ่มกำลังการผลิตจากพลังงานหมุนเวียนขึ้นในระบบต่อไป

2. การศึกษาผลการวิเคราะห์คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนต่อระบบผลิตไฟฟ้า จะพบว่าคุณค่าของพลังงานลมมีค่าประมาณ 2.3 บาท/kWh คุณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 2.4 บาท/kWh คุณค่าของงานพลังน้ำมีค่าประมาณ 2.5 บาท/kWh คุณค่าของพลังงานชีวมวลมีค่าประมาณ 2.2 บาท/kWh โดยคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนดังกล่าวเป็นคุณค่าต่อเฉลี่ยต่อระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีได้รวมถึงการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน

หมุนเวียนแต่อย่างไร เราสามารถใช้คุณค่าของพลังงานหมุนเวียนในการประเมินความคุ้มค่าของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่จะเพิ่มเข้าสู่ระบบผลิตไฟฟ้า

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบ และผลการทดสอบที่ได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ความเร็วลมในช่วงเวลาใดๆ พิจารณาจากการประมาณค่าการกระจายข้อมูลแบบไวบูลล์ โดยประมาณค่าจากการสุ่มตัวเลข ซึ่งอาจส่งผลให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อนบ้าง ในทางปฏิบัติควรพิจารณาการกระจายข้อมูลโดยนำวิธีการการกระจายแบบอื่นๆ มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาค่าการกระจายที่ใกล้เคียงกับความเร็วลมของประเทศไทยมากที่สุด

2. ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาใดๆ พิจารณาจากแบบจำลองบนโปรแกรม Homer โดยเป็นข้อมูลจากสถิติการบันทึกข้อมูลจากดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยราย 10 ปี อาจส่งผลให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ควรใช้ข้อมูลความเข้มแสงอาทิตย์จากการบันทึกไว้ ณ บริเวณที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการพิจารณา

3. ช่วงเวลาการเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ พิจารณาจากการกระจายพลังงานที่ไหลสูงสุดในแต่ละสัปดาห์ ในการคำนวณกำหนดค่าการกระจายให้ไม่เกินค่าพลังงานที่ผลิตได้ อาจทำให้บางสัปดาห์มีพลังงานขาดหายไปเนื่องจากละเอียดค่าบางค่า อาจส่งผลให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ควรใช้ข้อมูลช่วงเวลาการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าพลังน้ำมาใช้ในการพิจารณา

4. พลังงานจากชีวมวลในช่วงเวลาใดๆ พิจารณาจากการเฉลี่ยค่า Plant Factor เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลการจ่ายพลังงานของแต่ละโรงได้ อาจส่งผลให้ผลการทดสอบมีความคลาดเคลื่อน

5. การเรียงลำดับความสำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเรียงตามราคาของเชื้อเพลิงเป็นหลักซึ่งในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงการทำ unit commitment มาประกอบการพิจารณา

6. การทำแบบจำลองลักษณะโหลดของความต้องการใช้ไฟฟ้าสร้างจากลักษณะโหลดของการไฟฟ้านครหลวงเป็นหลักทำให้ข้อมูลในแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนบ้าง

7. การพิจารณาสถานะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าควรคำนึงถึงช่วงเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ในสถานะซ่อมบำรุง

8. การคำนวณคุณค่าของพลังงานหมุนเวียน สามารถพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนต่อไป

ค่าประมาณ 2.4 บาท/kWh คุณค่าของพลังงานน้ำมีค่าประมาณ 2.5 บาท/kWh คุณค่าของพลังงานชีวมวลมีค่าประมาณ 2.2 บาท/kWh โดยคุณค่าของพลังงานหมุนเวียนดังกล่าวเป็นคุณค่าเฉลี่ยต่อระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งมิได้รวมถึงการลงทุนติดตั้งระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนแต่อย่างใด



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- [1] อนุบุตร สง่าศรี. การประเมินคุณค่าและความเชื่อถือได้ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน, วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [2] ธนศ ไชยชนะ, สัมพันธ์ ไชยเทพ และ ณัฐวุฒิ คุยฎี. การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมโดยใช้วิธีการแจกแจงแบบ Weibull และ Rayleigh. ใน รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, หน้า 234-240. 1-4 พฤศจิกายน 2551 ณ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี, 2551.
- [3] Naing, L.P. and Srinivasan, D. Estimation of solar power generating capacity. IEEE 11th International Conference. P.95-100. 2010.
- [4] Billinton, R. and Harrington, P.G. Wind Reliability evaluation in enrygy limited generating capacity studies. IEEE Transactions on Power Apparatus and System, Vol. PAS-97, No. 6, Nov/Dec 1978.
- [5] Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Power Systems. London: Pitman Advance Publishing, 1984.
- [6] Bruce Shipley, R. Patton, A.D. and Denison, J.S. Power Reliability Cost vs Worth. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-91, Issue. 5, August 1972.
- [7] Karki, R. and Billinton, R. Reliability/Cost Implications of PV and Wind Energy Utilization in Small Isolated Power Systems. IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 16, No. 4, December 2001.
- [8] Fung, T.K. and Holte, K.C. Investment Value Analysis for Renewable Energy Projects. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No. 3, March 1985.
- [9] พรเทพ เทียบรัตน์. การวางแผนกำลังการผลิตไฟฟ้าที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- [10] พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรม. พลังงานลม (Wind Energy), กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2545.

- [11] Zuwei Yu Tuzuner, A. Wind speed modeling and energy production simulation with Weibull sampling. *IEEE Transactions on Power System*, Vol. 22, Issue. 4, July 2008.
- [12] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell). [ออนไลน์]. 2010. แหล่งที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/solar-cell/index.html>. [2010, January 15]
- [13] Homer energy. *Renewable energy modeling software*. [ออนไลน์]. 2008. แหล่งที่มา: <http://www.homerenergy.com/software.html>. [2010, January 2]
- [14] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. *แผนพัฒนากำลังการผลิตแห่งประเทศไทยพ.ศ.2551-2564*. กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2552.
- [15] พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. *รายงานพลังงานของประเทศไทย 2551*. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551.
- [16] NERC. *Generating Unit Statistical Brochure*. [ออนไลน์]. 2008. แหล่งที่มา: <http://www.nerc.com/page.php?cid=4|43>. [2010, March 20]
- [17] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. *สภาพน้ำและการระบายน้ำ*. [ออนไลน์]. 2009. แหล่งที่มา: <http://ichpp.egat.co.th/>. [2010, May 2]
- [18] Vallee, F. Lobry, J and Deblecker, O. System Reliability Assessment Method for Wind Power Integration. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 23, No. 3, August 2008.
- [19] พลังงาน, กระทรวง. *แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี*. [ออนไลน์]. 2009. แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/upload/nov50/mar52/REDP_present.pdf. [20110, October 1]



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดของระบบทดสอบความเชื่อถือได้ IEEE-RTS

ระบบ IEEE-RTS เป็นระบบมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความเชื่อถือได้ของระบบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นระบบมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่ใช้ในการทดสอบความเชื่อถือได้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของระบบผลิตไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและข้อมูลของโหลดซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กำลังการผลิตติดตั้งในระบบ IEEE-RTS มีค่าเท่ากับ 3405 MW โดยข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ IEEE-RTS

จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	กำลังผลิตติดตั้ง (MW)	ชนิดของเชื้อเพลิง	ค่า FOR	Fixed O&M (บาท/MW)	Varied O&M (บาท/kWh)	Fuel cost (บาท/kWh)
5	12	น้ำมัน	0.02	0.17	0.14	3.663
4	20	กังหันก๊าซ:	0.10	0.01	0.04	3.412
6	50	พลังน้ำ	0.01	0.04	0.13	0.000
4	76	ถ่านหิน	0.02	0.29	0.17	1.153
3	100	น้ำมัน	0.04	0.17	0.14	3.663
4	155	ถ่านหิน	0.04	0.29	0.17	1.153
3	197	น้ำมัน	0.05	0.17	0.14	3.663
1	350	ถ่านหิน	0.08	0.29	0.17	1.153
2	400	นิวเคลียร์	0.12	0.39	0.28	0.400

ก. 2 ข้อมูลของโหลด

โหลดสูงสุดในระบบ IEEE-RTS มีค่าเท่ากับ 2850 MW ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังตารางที่ ก.2 ถึง ก.4 โดยตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลเป็นค่าสูงสุดในแต่ละสัปดาห์ที่เกิดขึ้นใน 52 สัปดาห์

ตารางที่ ก.2 เปอร์เซ็นต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์	สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์
1	86.2	27	75.5
2	90.0	28	81.6
3	87.8	29	80.1
4	83.4	30	88.0
5	88.0	31	72.2
6	84.1	32	77.3
7	83.2	33	80.0
8	80.6	34	72.9
9	74.0	35	72.6
10	73.7	36	70.5
11	71.5	37	78.0
12	72.7	38	69.5
13	70.4	39	72.4
14	75.0	40	72.4
15	72.1	41	74.3
16	80.0	42	74.4
17	75.4	43	80.0
18	83.7	44	88.1
19	87.0	45	88.5
20	88.0	46	90.9
21	85.6	47	94.0
22	81.0	48	89.0
23	90.0	49	94.2
24	88.7	50	97.0
25	89.6	51	100.0
26	86.1	52	95.2

ตารางที่ ก.3 จะแสดงค่าสูงสุดรายวันในรูปแบบของค่าเปอร์เซ็นต์ในแต่ละสัปดาห์ โดยกำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกันของทุกๆสัปดาห์ใน 1 ปี จากตารางที่ ก.2 และ ก.3 ข้อมูลของโหลดจะพิจารณาทั้งสิ้นเท่ากับ 364 วัน โดยกำหนดให้วันแรกเป็นวันจันทร์เสมอ

ตารางที่ ก.3 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละวันใน 1 สัปดาห์

วัน	ค่าโหลดสูงสุด
จันทร์	93
อังคาร	100
พุธ	98
พฤหัสบดี	96
ศุกร์	94
เสาร์	77
อาทิตย์	75

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าโหลดสูงสุดในแต่ละชั่วโมงใน 1 วัน โดยจะแบ่งเป็นวันธรรมดาและวันหยุดใน 3 ฤดูกาล เมื่อรวมค่าต่างๆในตารางที่ ก.2 ถึง ก.4 แล้ว จะได้ค่าโหลดในแต่ละชั่วโมงซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้นเท่ากับ 8736 ชั่วโมง โดยค่าโหลดแพคเตอร์ในระบบมีค่าเท่ากับ 61.4 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 เปอร์เซ็นต์ของโหนดสูงสุดในแต่ละชั่วโมงใน 1 วัน

ชั่วโมง	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูใบไม้ผลิ	ฤดูใบไม้ร่วง
	สัปดาห์		สัปดาห์		สัปดาห์	
	1-8	44-52	18-30		9-17	31-43
	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด
12-1am	67	78	64	74	63	75
1-2	63	72	60	70	62	73
2-3	60	68	58	66	60	69
3-4	59	66	56	65	58	66
4-5	59	64	56	64	59	65
5-6	60	65	58	62	65	65
6-7	74	66	64	62	72	68
7-8	86	70	76	66	85	74
8-9	95	80	87	81	95	83
9-10	96	88	95	86	99	89
10-11	96	90	99	91	100	92
11-Noon	95	91	100	93	99	94
Noon-1pm	95	90	99	93	93	91
1-2	95	88	100	92	92	90
2-3	93	87	100	91	90	90
3-4	94	87	97	91	88	86
4-5	99	91	96	92	90	85
5-6	100	100	96	94	92	88
6-7	100	99	93	95	96	92
7-8	96	97	92	95	98	100
8-9	91	94	92	100	96	97
9-10	83	92	93	93	90	95
10-11	73	87	87	88	80	90
11-12	63	81	72	80	70	85

ภาคผนวก ข

ข้อมูลระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2551

ระบบทดสอบนี้ดัดแปลงจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทย 2551 ซึ่งมีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบทั้งหมด 191 เครื่อง โดยมีกำลังผลิตติดตั้งทั้งหมดเท่ากับ 30,508 MW โดยกำลังการผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าของระบบแยกตามประเภทดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 23 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 8,586.7 MW
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 49 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 15,081.9 MW
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สจำนวน 13 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 847 MW
- โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่จำนวน 49 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 3423.74 MW
- โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจำนวน 57 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 10.74 MW

ตาราง ข.1 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

โรงไฟฟ้า	จำนวน	กำลังผลิต (MW)	FOR (%) NERC	Fixed O&M (บาท/MW)	Varied O&M (บาท/kWh)	Fuel cost (บาท/kWh)
Mae Moh	4	150	5.76	0.01	0.04	0.533
Mae Moh	6	300	5.76	0.01	0.04	0.533
BLCP(IPP)	2	673.3	6.29	0.01	0.04	0.837
EPEC (IPP)	1	350	6.10	0.11	0.09	1.720
IPT (IPP)	2	230	6.10	0.11	0.09	1.720
IPT (IPP)	1	240	6.10	0.11	0.09	1.703
Ratchaburi (IPP)	1	685	6.10	0.11	0.09	1.728
Ratchaburi (IPP)	1	675	6.10	0.11	0.09	2.040
Ratchaburi (IPP)	1	681	6.10	0.11	0.09	1.726
GLOW (IPP)	2	356.5	6.10	0.11	0.09	1.726
GPG(IPP)	2	734	6.10	0.11	0.09	1.726

ตาราง ข.1 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (ต่อ)

โรงไฟฟ้า	จำนวน	กำลังผลิต (MW)	FOR (%) NERC	Fixed O&M (บาท/kW)	Varied O&M (บาท/kWh)	Fuel cost (บาท/kWh)
TECO (IPP)	2	230	6.10	0.11	0.09	1.872
TECO (IPP)	1	240	6.10	0.11	0.09	1.872
RGCO power(IPP)	2	700	6.10	0.11	0.09	1.872
Chana	2	230	6.10	0.11	0.09	1.872
Chana	1	250	6.10	0.11	0.09	1.756
South Bamgkok	2	110	6.10	0.11	0.09	1.756
South Bamgkok	1	115	6.10	0.11	0.09	1.738
South Bamgkok	2	200	6.10	0.11	0.09	2.075
South Bamgkok	1	218	6.10	0.11	0.09	2.075
Wang Noi	2	205.4	6.10	0.11	0.09	2.075
Wang Noi	4	223.4	6.10	0.11	0.09	2.075
Wang Noi	2	233	6.10	0.11	0.09	2.075
Wang Noi	1	256.7	6.10	0.11	0.09	2.890
KEGCO (IPP)	1	678	6.10	0.11	0.09	2.890
Bang Pakong	2	386.3	6.10	0.11	0.09	1.771
Bang Pakong	2	328.5	6.10	0.11	0.09	1.771
Nam Phong	1	120.7	6.10	0.11	0.09	1.918
Nam Phong	2	121.9	6.10	0.11	0.09	1.918
Nam Phong	1	123.7	6.10	0.11	0.09	1.918
Nam Phong	1	124	6.10	0.11	0.09	1.918
Nam Phong	1	125	6.10	0.11	0.09	2.667
REGCO (IPP)	1	294.6	6.10	0.11	0.09	1.763
REGCO (IPP)	1	287.6	6.10	0.11	0.09	2.387
REGCO (IPP)	1	289.8	6.10	0.11	0.09	2.387
REGCO (IPP)	1	302.9	6.10	0.11	0.09	3.413
Ratchaburi (IPP)	2	720	11.25	0.01	0.04	3.413
Bang Pakong	2	550	6.96	0.01	0.04	3.413
Bang Pakong	2	600	6.96	0.01	0.04	3.413
South Bangkok	2	310	5.31	0.01	0.04	3.413

ตาราง ข.1 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (ต่อ)

โรงไฟฟ้า	จำนวน	กำลังผลิต (MW)	FOR (%) NERC	Fixed O&M (บาท/kW)	Varied O&M (บาท/kWh)	Fuel cost (บาท/kWh)
KEGCO (IPP)	1	69.9	8.36	0.01	0.04	2.322
KEGCO (IPP)	1	70.2	8.36	0.01	0.04	2.141
Lan Krabu	1	13	8.36	0.01	0.04	2.141
Lan Krabu	2	14	8.36	0.01	0.04	2.141
Krabi	1	340	3.87	0.17	0.17	2.141
Lan Krabu	2	16	8.36	0.01	0.04	2.061
Lan Krabu	2	22	8.36	0.01	0.04	2.061
Lan Krabu	1	120	6.21	0.01	0.04	3.112
Surat Thani	2	122	10.46	0.01	0.04	4.087
Nong Chok	3	122	10.46	0.01	0.04	6.268

ตาราง ข.2 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้า	Number of unit	Capacity (MW)	FOR (%) NERC
เขื่อนภูมิพล	1	779.20	3.58
เขื่อนสิริกิติ์	1	500.00	3.58
เขื่อนศรีนครินทร์	1	720.00	3.58
เขื่อนวชิราลงกรณ์	1	300.00	3.58
เขื่อนรัชชประภา	1	240.00	3.58
เขื่อนบางลาง	1	72.00	3.58
เขื่อนท่าทุ่งนา	1	39.00	3.58
เขื่อนแก่งกระจาน	1	19.00	6.76
เขื่อนแม่งัด	1	9.00	6.76
เขื่อนอุบลรัตน์	1	25.20	6.76
เขื่อนน้ำพุง	1	6.00	6.76
เขื่อนสิรินธร	1	36.00	3.58
เขื่อนจุฬาภรณ์	1	40.00	3.58
เขื่อนห้วยกุ่ม	1	1.06	6.76

ตาราง ข.2 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (ต่อ)

	Number of unit	Capacity (MW)	FOR (%) NERC
เขื่อนปากมูล	1	136.00	3.58
โรงไฟฟ้าลำตะคอง	1	500.00	2.86
โรงไฟฟ้าบ้านสันติ	1	1.28	6.76

ตาราง ข.3 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

โรงไฟฟ้า	จำนวน	กำลังผลิต (MW)	FOR	พลังงานที่ผลิตได้ (GWh)	Plant factor (%) each unit
MAE HONG SON	1	0.85	6.76	5.00	67.15
MAE KUM LUANG	2	1.6	6.76	11.00	39.24
HUAI MAE PHONG	1	0.86	6.76	2.00	26.55
MAE SARIENG	2	0.625	6.76	2.00	18.26
AIKAPOA	2	0.1	6.76	0.00	0.00
KIRIDHARN	2	6.1	6.76	22.00	20.59
BOKAEW	2	0.1	6.76	0.00	0.00
MAE MAO	2	2.165	6.76	7.00	18.45
MAE SAP	2	0.68	6.76	3.00	25.18
MAE SA-NGA	2	2.52	6.76	24.00	54.36
MAE HAD	2	0.409	6.76	3.00	41.87
MAE TUEN (C	2	0.125	6.76	0.00	0.00
KLONG LAM PLOK	2	0.591	6.76	5.00	48.29
NAM KHA MUN	2	0.515	6.76	4.00	44.33
HUAI MAE SOT	2	0.33	6.76	2.00	34.59
KLONG DU SON	2	0.34	6.76	2.00	33.58
HUAI PATHAO	2	2.25	6.76	16.00	40.59
KIEW LOM	2	0.175	6.76	1.00	32.62
HUAI LAM SIN	2	0.479	6.76	2.00	23.83
LAM PHRA PHLOENG	1	0.85	6.76	2.00	26.86
HUAI NAM KHUN	2	0.85	6.76	8.00	53.72
HUAI YAMO	1	0.85	6.76	1.00	13.43
Ban Yang	2	0.0056	6.76	0.00	0.00
	1	0.0125	6.76	0.00	0.00

ตาราง ข.3 รายละเอียดข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (ต่อ)

โรงไฟฟ้า	จำนวน	กำลังผลิต (MW)	FOR	พลังงานที่ ผลิตได้ (GWh)	Plant factor (%) each unit
Ban Khun Klang	2	0.09	6.76	0.90	57.08
	1	0.02	6.76	0.10	57.08
CHONG KLAM	1	0.02	6.76	0.00	0.00
HUAI KUI MANG	1	0.6	6.76	0.00	0.00
MAE THOEI	1	2	6.76	10.00	57.08
MAE YA	1	1	6.76	6.00	68.49
KUN PAE	1	0.1	6.76	0.00	0.00
MAE TAIN	2	0.965	6.76	5.00	29.57
MAE JAI	1	0.875	6.76	3.00	39.14
MAE PAI	2	1	6.76	8.00	45.66
NUMMUN	1	5.3	6.76	2.00	4.31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลค่าใช้จ่ายแยกตามชนิดโรงไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์นี้วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า โดยไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าแต่อย่างใด

ข้อมูลค่าใช้จ่ายแยกตามชนิดโรงไฟฟ้าประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้า แบ่งเป็น ค่าเชื้อเพลิง, ค่าปฏิบัติการและบำรุงรักษา โดยมีรายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยแสดงดังต่อไปนี้

ค. 1 ข้อมูลระบบข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

ตาราง ค.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายแยกตามชนิดโรงไฟฟ้า

ชนิดเชื้อเพลิง	Fixed O&M	Varied O&M	Fuel cost
	ล้านบาท/MW	บาท/kWh	บาท/MMbtu
โรงไฟฟ้าพลังน้ำ	0.04	0.13	0
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน			
เชื้อเพลิงชนิดน้ำมัน	0.17	0.14	335
เชื้อเพลิงชนิดถ่านหิน	0.29	0.17	92
เชื้อเพลิงชนิดก๊าซธรรมชาติ	0.01	0.04	250
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนรวม	0.11	0.09	250
โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ	0.01	0.04	250

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
ข้อมูลพลังงานของสถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต

ในวิทยานิพนธ์นี้วิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยการแปลงค่าความเร็วลมเฉลี่ยเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ โดยรายละเอียดความเร็วลมเฉลี่ย และพลังงานที่กังหันลมที่สถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต สามารถผลิตได้ แสดงดังต่อไปนี้

ง. 1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย

ตาราง ง.1 ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนที่บันทึกไว้ ณ สถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต

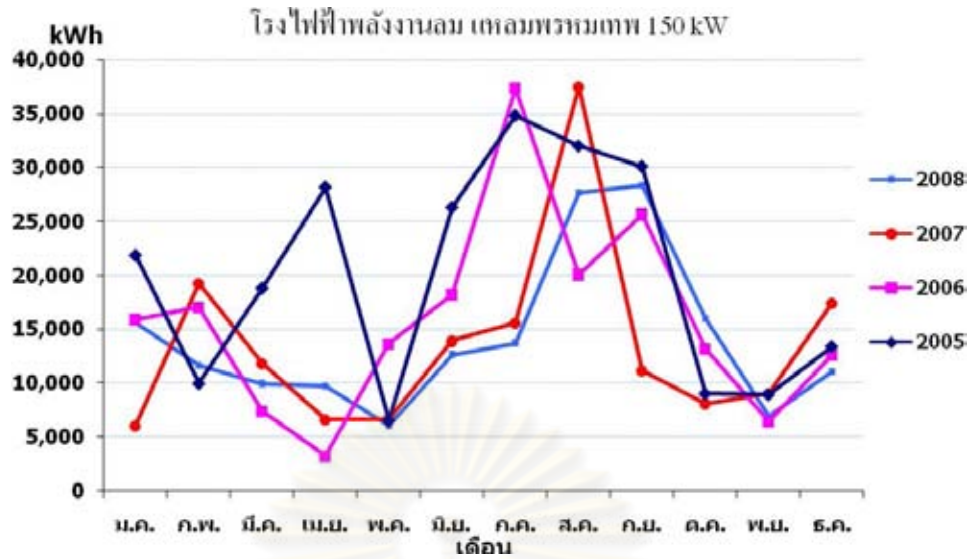
ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)				
ปี พ.ศ.	2548	2549	2550	2551
เดือน				
มกราคม	6.03	5.49	5.26	5.47
กุมภาพันธ์	4.80	4.98	5.41	5.23
มีนาคม	5.22	4.15	4.29	4.73
เมษายน	4.00	3.48	3.86	3.83
พฤษภาคม	5.24	4.75	3.75	6.44
มิถุนายน	7.08	4.99	4.48	4.86
กรกฎาคม	7.38	7.7	5.50	4.60
สิงหาคม	6.39	6.78	6.56	4.69
กันยายน	6.48	4.95	5.53	5.84
ตุลาคม	4.74	4.87	4.74	4.16
พฤศจิกายน	4.53	4.43	4.19	4.16
ธันวาคม	5.64	5.23	5.89	5.24

ง. 2 ข้อมูลพลังงานจากกังหันลม WTG 150kW

ตาราง ง.2 ข้อมูลพลังงานที่กังหันลมผลิตได้ที่บ้านทีกไว้ ณ สถานีแหลมพรหมเทพ ภูเก็ต

พลังงานที่ผลิตได้ (kWh)				
ปี พ.ศ. เดือน	2548	2549	2550	2551
มกราคม	21,858	15,936	6,060	15,672
กุมภาพันธ์	9,974	17,046	19,266	11,670
มีนาคม	18,804	7,410	11,820	9,966
เมษายน	28,178	3,270	6,612	9,738
พฤษภาคม	6,546	13,650	6,660	6,072
มิถุนายน	26,298	18,246	13,920	12,672
กรกฎาคม	34,800	37,344	15,618	13,734
สิงหาคม	31,980	20,058	37,470	27,720
กันยายน	30,090	25,668	11,172	28,368
ตุลาคม	9,036	13,194	8,124	16,020
พฤศจิกายน	8,952	6,444	9,012	6,942
ธันวาคม	13,410	12,660	17,406	11,052
รวม	239,926	190,926	163,140	169,626
Plant Factor	18%	15%	12%	13%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง. 1 พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 150kW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

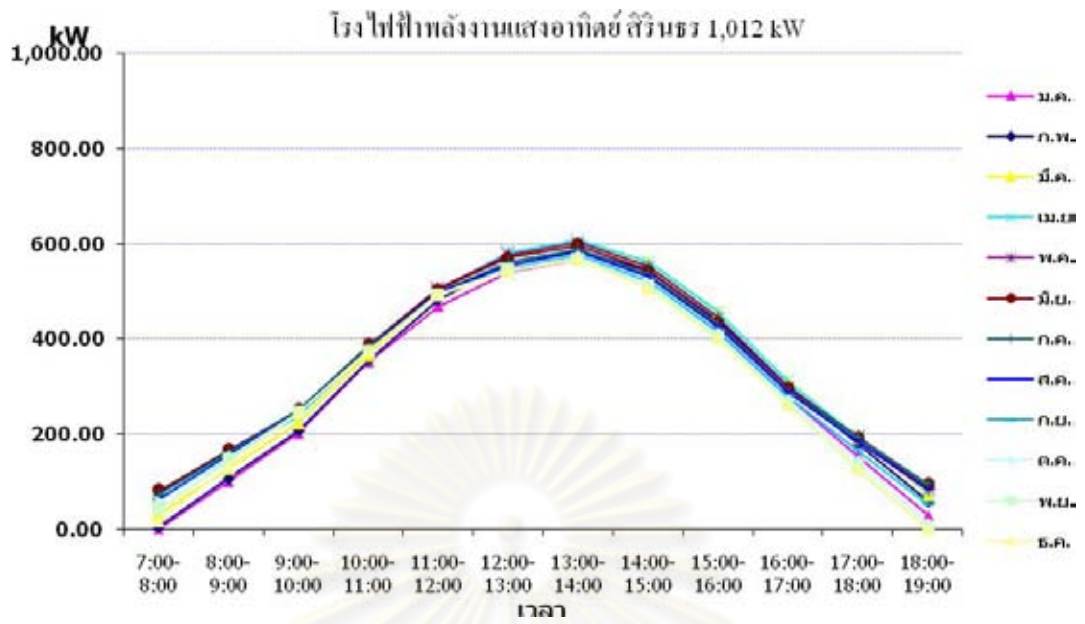
ข้อมูลพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ของเขื่อนสิรินธร

ในวิทยานิพนธ์นี้วิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจำลองค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากการประมวลผลบนโปรแกรม Homer จากนั้นนำมาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในช่วงเวลาใดๆ ในการวิเคราะห์จะต้องเปรียบเทียบค่าให้สอดคล้องกับการผลิตที่เกิดขึ้นจริง จึงต้องใช้ข้อมูลพลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์ของเขื่อนสิรินธรที่บันทึกไว้ ซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

จ. 1 ข้อมูลพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1,012kW

ตาราง จ.1 ข้อมูลพลังงานที่บันทึกไว้ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เขื่อนสิรินธร ปี พ.ศ. 2550

พลังงานที่ผลิตได้ (kWh)	
ปี พ.ศ.	2550
เดือน	
มกราคม	112,208
กุมภาพันธ์	106,904
มีนาคม	124,272
เมษายน	123,570
พฤษภาคม	128,064
มิถุนายน	123,367
กรกฎาคม	125,672
สิงหาคม	123,668
กันยายน	116,499
ตุลาคม	117,340
พฤศจิกายน	111,367
ธันวาคม	113,496
รวม	1,426,427
Plant Factor	16.09%



รูปที่ ๑. 1 พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1,012kW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2551-2565

การเพิ่มสัดส่วนกำลังการผลิตของพลังงานหมุนเวียนเพื่อหาคูณค่า โดยใช้ระบบไฟฟ้า
ดัดแปลงของประเทศไทย ปี 2551 เป็นกรณีฐาน จะพิจารณาโดยเพิ่มกำลังการผลิตตาม
แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปีของกระทรวงพลังงาน [19] ดังนี้

จ. 1 ศักยภาพ และเป้าหมายของพลังงานหมุนเวียนตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี

ตาราง จ. 1 ศักยภาพและเป้าหมายของพลังงานหมุนเวียนสำหรับผลิตไฟฟ้า

ประเภท พลังงาน	ศักยภาพ (MW)	Existing (MW)	ปี 2551-2554 (MW)	ปี 2555-2559 (MW)	ปี 2560-2565 (MW)
แสงอาทิตย์	50,000	32	55	95	500
พลังงานลม	1,600	1	115	375	800
ไฟฟ้าพลังน้ำ	700	56	165	281	324
รวม	4,400	1,610	2,800	3,220	3,700

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ชนิษฐา วรรณคำ เกิดวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อปี พ.ศ. 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2551



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย