ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246297

ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

นางสาวชนิษฐา วรรณคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00251321

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246297

ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า

นางสาว ขนิษฐา วรรณคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5170235121

IMPACT OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS ON GENERATION SYSTEM RELIABILITY

Miss. Khanittha Wannakam

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	ผลกระทบของโครงการพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า
โดย	นางสาว ขนิษฐา วรรณคำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนันท์)

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

246297

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

หลักการและวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้จะนำไปทดสอบกับระบบผลิตไฟฟ้าที่ดัดแปลงจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ผลการศึกษาจะทำให้ทราบถึงคุณค่า และผลกระทบของพลังงานหมุนเวียนที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบผลิตไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อกำหนดแนวทางส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ขนิษฐา วรรณคำ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

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.

246297

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.

Department : Electrical Engineering Student's Signature Khanittha Wannakam

Field of Study : Electrical Engineering Advisor's Signature B. Eua-arpon.

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์ ผศ. ดร.แนบบุญ หุนเจริญ และ ดร.วีรินทร์ หวังจิรนันท์ ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อประสานงานต่างๆ

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฎ

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 แบบจำลองอุปกรณ์ และแบบจำลองโหลด..... 6

2.1 แนวคิดและหลักการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง..... 6

2.2 แบบจำลองการทำงานของอุปกรณ์..... 8

2.3 แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า..... 9

2.3.1 แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ..... 9

2.3.2 แบบจำลองมาร์คอฟฟ์ 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 กรณีที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน..... 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 กรณีเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์..... 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

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานลมจากสถานีแหลมพรหมเทพภูเก็ตกับข้อมูลจากการทดสอบ.....	21
ตารางที่ 3.2	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เขื่อนสิรินธร 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	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีต่อคุณค่าของระบบ.....	63
ตารางที่ 5.9	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานน้ำที่มีต่อคุณค่าของระบบ..	63
ตารางที่ 5.10	ผลของลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกของพลังงานชีวมวลที่มีต่อคุณค่าของระบบ.....	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	การทำงานค่าสถานะการทำงานเฉลี่ยของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า.....	10
รูปที่ 2.6	แบบจำลองมาร์คอฟฟ์ 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	การป้อนค่าพิกัดประเทศไทยบนโปรแกรม Homer.....	25
รูปที่ 3.9	ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จากการจำลองของโปรแกรม Homer.....	26
รูปที่ 3.10	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1kW.....	26
รูปที่ 3.11	ผลจากการตัดยอดโหลดของสัปดาห์ที่1.....	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