ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249121

การศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย

นายทศพร ธีรธารุพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2553

b00253629

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่ง
249121

การศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย

นายทศพร ธีรการุณวงศ์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2553

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รศ. ดร. ศุภชาติ จงไพบูลย์พัฒนะ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รศ. วารุณี เตีย)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รศ. ดร. อดิศักดิ์ นาถกรณกุล)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายทศพร ธีรการุณวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. วารุณี เตีย
	ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

249121

ในการส่งเสริมความมั่นคงทางพลังงานและลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกในภาคการผลิตไฟฟ้า แผนกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย PDP 2010 มีเป้าหมายในการเพิ่มการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนให้ได้ถึง 6,101 MW ภายในปี พ.ศ. 2573 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าเป็นเครื่องมือทางนโยบายที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการลงทุนด้านการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ดังนั้นจุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์นี้ คือ การศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพลังงานน้ำ ลม รังสีอาทิตย์ และไม้โตเร็ว เพื่อให้การผลิตไฟฟ้าเป็นไปตามแผน PDP 2010 โดยมีแนวทางในการคำนวณหาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า 2 แนวทาง คือ การศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน และการศึกษาหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิต ผลการศึกษาพบว่า ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ ลม รังสีอาทิตย์ และไม้โตเร็ว มีค่า 0.656, 0.655, 0.609 และ 0.567 บาท/kWh ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำ และไม่ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนเหล่านี้ ในขณะที่การคำนวณหาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับพลังงานน้ำ ลม รังสีอาทิตย์ และไม้โตเร็ว เมื่อคิดที่อัตราส่วนลด 16% มีค่า 0 ถึง 127.32, 0 ถึง 2.39, 5.56 และ 3.55 บาท/kWh ตามลำดับ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการสนับสนุนส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่ 0.88 บาท/kWh จะมีกำลังการผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้ 10,608 MW ซึ่งเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามแผน PDP 2010

คำสำคัญ: การผลิตไฟฟ้า/พลังงานหมุนเวียน/ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า

Thesis Title	Study of the Adder for Producing Electricity using Renewable Energy in Thailand
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Thotsaphon Thirakaroonwong
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Warunee Tia
	Prof. Dr. Somchart Soponronnarit
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Management
Department	Energy Management Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Meterials
B.E.	2553

Abstract

249121

To enhance the energy security and reduce the greenhouse gas emissions in power sector, Thailand power development plan (PDP) 2010 is targeted to increase the renewable power generation up to 6,101 MW by 2030. Adder-tariff is an effective policy instrument to stimulate the investment in renewable power generation. Thus the aim of the thesis was to determine the appropriate adder tariffs for hydro, wind, solar, and dendrothermal energy to achieve the PDP's target. Two approaches, which were the externality based and the investment based, were used for the adder-tariff calculation. Results showed that the adder rates based on externality approach were 0.656, 0.655, 0.609 and 0.567 baht/kWh for hydro, wind, solar and dendrothermal energy, respectively, which were quite low and not covered their costs. While the adder tariff calculation based on investment approach with 16% discounted rate for hydro, wind, solar and dendrothermal energy were 0 to 127.32, 0 to 2.39, 5.56 and 3.55 baht/kWh, respectively. The cost of hydroelectric generation varied in a wide range, depending on the specific site. However, the results found the appropriate adder should be 0.88 baht/kWh with production capacity of 10,608 MW which was higher than PDP2010's.

Keywords: Adder-tariff/Power Generation/Renewable Energy

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ประสบผลสำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. วารุณี เตีย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในระหว่างการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้จนวิทยานิพนธ์นี้ได้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. ศุภชาติ จงไพบูลย์พัฒนะ และ รศ. ดร. อดิศักดิ์ นาถกรณกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ และเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คุณรัตพล ภาคภูมิกมลเลิศ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการ ประจำสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดพิจิตร ที่ช่วยประเมินความเสี่ยงในการกักเก็บคาร์บอนในไม้สัก

ขอขอบคุณ คุณจรีรัตน์ สาตราวาหะ และ คุณศิริลักษณ์ นิจสุนกิจ ข้าราชการกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับไฟฟ้าพลังน้ำ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณคณาจารย์และพี่ๆ ห้อง Drying laboratory ที่ช่วยให้คำแนะนำ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ นายพิเศษ ธีรการุณวงศ์ และนางสมพร ธีรการุณวงศ์ ผู้เป็นบิดามารดาที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ฌ
รายการรูปประกอบ	ฐ
รายการสัญลักษณ์	ฑ

บทที่

1. บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573 (PDP 2010)	3
2.2 มาตรการสนับสนุนพลังงานหมุนเวียน	3
2.2.1 มาตรการกำหนดราคารับซื้อไฟฟ้าที่จูงใจ (Feed-in Tariff, FIT)	4
2.2.2 มาตรการกำหนดสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Portfolio Standard, RPS)	4
2.2.3 ข้อดี-ข้อเสีย ของมาตรการ FIT และ RPS	5
2.3 การสนับสนุนส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย	5
2.4 การวิเคราะห์ทางเทคนิค	6
2.4.1 พลังงานน้ำ	6
2.4.2 พลังงานลม	7
2.4.3 พลังงานรังสีอาทิตย์	7
2.4.4 พลังงานชีวมวล	8
2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	8

หน้า

2.5.1 การวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 8
2.5.2 การหามูลค่าเงินปัจจุบันและมูลค่าเงินเฉลี่ยรายปี 9
2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณการปล่อย CO_2 จากเชื้อเพลิงฟอสซิล 9
2.7 คาร์บอนเครดิต 13
2.7.1 การคำนวณปริมาณการลดแก๊สเรือนกระจก 13
2.7.2 ระยะเวลาการคิดเครดิตของโครงการ CDM 14
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย **19**
3.1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย 20
3.1.1 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์หาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 20
3.1.2 ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์หาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิต 20
3.2 การศึกษาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 20
3.2.1 การประเมินปริมาณมลภาวะที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานหมุนเวียน 20
3.2.2 การประเมินค่าใช้จ่ายในการลดมลภาวะ (CO_2, NO_X, SO_X และ PM10) จากการผลิตไฟฟ้า 21
3.2.3 การวิเคราะห์หาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน (External cost) 23
3.3 การศึกษาในด้านของส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของพลังงานน้ำ ลม รังสีอาทิตย์ และชีวมวล 23
3.3.1 การประเมินต้นทุนและกำลังการผลิตไฟฟ้า 23
3.3.2 การวิเคราะห์หาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิต 29
4. ผลการศึกษา **31**
4.1 ผลการศึกษาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่ประเมินจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 31
4.1.1 ผลการประเมินปริมาณมลภาวะที่ปลดปล่อยจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานหมุนเวียน 31
4.1.2 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการลดมลภาวะ (CO_2, NO_X, SO_X และ PM10) จากการผลิตไฟฟ้า 33
4.1.3 ผลการวิเคราะห์หาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน (External cost) 38
4.2 ผลการศึกษาค่าส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่ประเมินจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของพลังงานน้ำ ลม รังสีอาทิตย์ และชีวมวล 39

หน้า

4.2.1 ผลการประเมินต้นทุนและกำลังการผลิตไฟฟ้า 39
4.2.1.1 พลังงานน้ำ 39
4.2.1.2 พลังงานลม 50
4.2.1.3 พลังงานรังสีอาทิตย์ 53
4.2.1.4 พลังงานชีวมวล 54
4.2.2 ผลการวิเคราะห์หาส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิต 56
4.2.2.1 พลังงานน้ำ 56
4.2.2.2 พลังงานลม 61
4.2.2.3 พลังงานรังสีอาทิตย์ 61
4.2.2.4 พลังงานชีวมวล 62
5. สรุปและข้อเสนอแนะ 63
5.1 สรุป 63
5.1.1 สรุปผลการศึกษาการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่คำนวณจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 63
5.1.2 สรุปผลการศึกษาการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่คำนวณจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียน 63
5.1.3 สรุปผลการศึกษาการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมเพื่อการผลิตไฟฟ้าให้ได้ตาม PDP 2010 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 64
5.2.1 ข้อเสนอแนะการศึกษาการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่คำนวณจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 64
5.2.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่คำนวณจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียน 65
เอกสารอ้างอิง 66
ภาคผนวก
ก. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน 71
ข. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ 83
ค. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานลม 142
ง. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานรังสีอาทิตย์ 225

หน้า

จ. การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 237

ฉ. ระดับการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าและกำลังการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียนที่ทำการศึกษา 250

ประวัติผู้วิจัย **254**

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แผนการผลิตพลังไฟฟ้าสะสมจากพลังงานหมุนเวียน	3
2.2 ข้อดี-ข้อเสียของมาตรการ FIT และ RPS	5
2.3 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทย	6
2.4 ค่าการแปลงหน่วย	10
2.5 Carbon emission factor	11
2.6 Fraction of carbon oxidized	13
2.7 สรุปวิธีการหาปริมาณการปล่อย CO_2 จากเชื้อเพลิงฟอสซิล	13
3.1 ระดับคะแนนในการประเมินความเสี่ยงในการกักเก็บ CO_2 ของสวนป่าสัก	22
3.2 ข้อมูลและสมมติฐานในการวิเคราะห์หาต้นทุนและส่วนเพิ่มของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ	24
3.3 ข้อมูลและสมมติฐานในการวิเคราะห์หาต้นทุนและส่วนเพิ่มของการผลิตไฟฟ้าพลังงานลม	24
3.4 ข้อมูลและสมมติฐานในการวิเคราะห์หาต้นทุนและส่วนเพิ่มของการผลิตไฟฟ้าเซลล์รังสีอาทิตย์	26
3.5 ข้อมูลและสมมติฐานในการวิเคราะห์หาต้นทุนและส่วนเพิ่มของการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล	27
4.1 เชื้อเพลิงที่ใช้และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ปี พ.ศ. 2551	31
4.2 ปริมาณมลภาวะของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลปี พ.ศ. 2551	32
4.3 ปริมาณ CO_2 ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียน	33
4.4 ปริมาณคาร์บอนในไม้สักของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินที่อายุต่างๆ	34
4.5 ความเสี่ยงที่มีผลต่อการกักเก็บ CO_2 ของสวนป่าสัก	36
4.6 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าปี พ.ศ. 2551 โดยการปลูกสร้างสวนป่าสักอายุโครงการ 30 ปี แยกตามชนิดเชื้อเพลิงฟอสซิล	37
4.7 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี แยกตามชนิดพลังงานหมุนเวียน	37
4.8 ค่าใช้จ่ายนอกต้นทุนจากการผลิตไฟฟ้าปี พ.ศ. 2551 ของมลภาวะ NO_X, SO_X และ PM10	38
4.9 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยหาจากค่าใช้จ่ายนอกต้นทุน	38
4.10 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในลุ่มน้ำปิง ชี และยม	39

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

4.11 กำลังการผลิตไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จาก 25 ลุ่มน้ำของประเทศไทย (การจัดลำดับอ้างอิงจากตารางที่ 4.10) 44
4.12 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ความเร็วลมต่างๆ 51
4.13 กำลังการผลิตไฟฟ้าที่คาดว่าจะผลิตได้จากการติดตั้งฟาร์มกังหันลมในพื้นที่นาข้าวของประเทศไทยที่ระดับความเร็วลม และขนาดพื้นที่ที่ต้องการใช้ 52
4.14 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 8-16% 53
4.15 กำลังการผลิตติดตั้งเซลล์รังสีอาทิตย์ในพื้นที่ทิ้งร้างภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 53
4.16 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำที่อัตราส่วนลด 8-16% 55
4.17 กำลังการผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำจากการปลูกไม้โตเร็วในพื้นที่ทิ้งร้าง 55
4.18 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าพลังน้ำและกำลังการผลิตสะสมที่คาดว่าจะติดตั้งได้ 56
4.19 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานลมและกำลังการผลิตสะสมที่คาดว่าจะติดตั้งได้ 61
4.20 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานรังสีอาทิตย์และกำลังการผลิตสะสมที่คาดว่าจะติดตั้งได้ 61
4.21 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานชีวมวลและกำลังการผลิตสะสมที่คาดว่าจะติดตั้งได้ 62
ก.1 ปริมาณ CO_2 ที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าของเชื้อเพลิงฟอสซิล ปี พ.ศ. 2551 โดยใช้วิธี IPCC Methodology 72
ก.2 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสัก 73
ก.3 ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสักรายปีที่อัตราส่วนลด 5.15056% 74
ก.4 ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสักรายปีที่อัตราส่วนลด 6.4382% 75
ก.5 ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสักรายปีที่อัตราส่วนลด 7.72584% 76
ก.6 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลปี พ.ศ. 2551 โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 5.15056% 77
ก.7 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลปี พ.ศ. 2551 โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 6.4382% 78
ก.8 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลปี พ.ศ. 2551 โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 7.72584% 79
ก.9 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 5.15056% 80
ก.10 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 6.4382% 81
ก.11 ค่าใช้จ่ายในการลด CO_2 จากการผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โดยการปลูกสร้างสวนป่าสัก อายุโครงการ 30 ปี ที่อัตราส่วนลด 7.72584% 82

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

ข.1 ค่า Ft จากการประมาณตามอายุโครงการของไฟฟ้าพลังน้ำ 84
ข.2 ราคารับซื้อไฟฟ้าพลังน้ำ 85
ข.3 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของลุ่มน้ำปิงที่อัตราส่วนลด 8-16% 86
ข.4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของลุ่มน้ำชีที่อัตราส่วนลด 8-16% 89
ข.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของลุ่มน้ำยมที่อัตราส่วนลด 8-16% 94
ข.6 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่อัตราส่วนลด 8% 97
ข.7 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่อัตราส่วนลด 10% 106
ข.8 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่อัตราส่วนลด 12% 115
ข.9 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่อัตราส่วนลด 14% 124
ข.10 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่อัตราส่วนลด 16% 133
ค.1 ค่า Ft จากการประมาณตามอายุโครงการของไฟฟ้าพลังงานลม 142
ค.2 ราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานลม 144
ค.3 มูลค่าปัจจุบันการลงทุนของโครงการพลังงานลมจากงานวิจัยที่เลือกศึกษา 145
ค.4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโครงการพลังงานลมจากงานวิจัยที่เลือกศึกษาที่อัตราส่วนลด 8-16% 149
ค.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าและความเร็วลมจากงานวิจัยที่เลือกศึกษาที่อัตราส่วนลด 8-16% 153
ค.6 การประมาณค่าความเร็วลมที่ระดับความสูง 100 m จากแผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย 162
ค.7 พื้นที่นาข้าวของแต่ละอำเภอที่มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่า 5.7 m/s 214
ค.8 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมที่อัตราส่วนลด 8% 220
ค.9 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมที่อัตราส่วนลด 10% 221
ค.10 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมที่อัตราส่วนลด 12% 222
ค.11 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมที่อัตราส่วนลด 14% 223
ค.12 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมที่อัตราส่วนลด 16% 224
ง.1 ค่า Ft จากการประมาณตามอายุโครงการของไฟฟ้าพลังงานรังสีอาทิตย์ 226
ง.2 ราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานรังสีอาทิตย์ 227
ง.3 ปริมาณรังสีรวมตามพื้นที่จังหวัดภาคกลางและตะวันออกเฉียงเหนือที่มีปริมาณรังสีรวมสูงกว่า 1,900 kW/m^2-yr และพื้นที่ทิ้งร้างของจังหวัด 228
ง.4 การขายคาร์บอนเครดิตของโรงไฟฟ้าเซลล์รังสีอาทิตย์ 230
ง.5 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 8% 231
ง.6 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 10% 232

ตาราง (ต่อ) **หน้า**

ง.7 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 12% 233
ง.8 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 14% 234
ง.9 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์รังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 16% 235
ง.10 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานรังสีอาทิตย์ที่อัตราส่วนลด 8-16% 236
จ.1 ค่า Ft จากการประมาณตามอายุโครงการของไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 238
จ.2 ราคารับซื้อไฟฟ้าพลังงานชีวมวล 239
จ.3 รายละเอียดการดำเนินงาน 240
จ.4 การขายคาร์บอนเครดิตของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำจากเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว 242
จ.5 มูลค่าปัจจุบันการลงทุนของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็วจากงานวิจัย ที่เลือกศึกษา 243
จ.6 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว ที่อัตราส่วนลด 8% 244
จ.7 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว ที่อัตราส่วนลด 10% 245
จ.8 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว ที่อัตราส่วนลด 12% 246
จ.9 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว ที่อัตราส่วนลด 14% 247
จ.10 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว ที่อัตราส่วนลด 16% 248
จ.11 ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวลที่อัตราส่วนลด 8-16% 249
ฉ.1 ระดับการให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าและกำลังการผลิตไฟฟ้าของพลังงานหมุนเวียน ที่ทำการศึกษา 251

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	19
4.1 Cash flow ค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสัก	34
4.2 ปริมาณคาร์บอนในไม้สักของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินที่อายุต่างๆ	35
4.3 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมที่ความเร็วลมต่างๆ	51
ข.1 การประมาณค่า Ft ของไฟฟ้าพลังน้ำ	84
ค.1 การประมาณค่า Ft ของไฟฟ้าพลังงานลม	142
ค.2 การประมาณต้นทุนไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยค่าต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 8%	157
ค.3 การประมาณต้นทุนไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยค่าต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 10%	158
ค.4 การประมาณต้นทุนไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยค่าต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 12%	159
ค.5 การประมาณต้นทุนไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยค่าต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 14%	160
ค.6 การประมาณต้นทุนไฟฟ้าพลังงานลมที่ความเร็วลมเฉลี่ยค่าต่างๆ ที่อัตราส่วนลด 16%	161
ง.1 การประมาณค่า Ft ของไฟฟ้าพลังงานรังสีอาทิตย์	226
จ.1 การประมาณค่า Ft ของไฟฟ้าพลังงานชีวมวล	238

รายการสัญลักษณ์

A	คือ	มูลค่าเทียบเท่ารายปี (บาท/ปี)
A_{coll}	คือ	พื้นที่ของอุปกรณ์รับรังสีอาทิตย์ (m^2)
A_T	คือ	พื้นที่ภาคตัดขวางของส่วนหมุน (m^2)
CF	คือ	Capacity factor
C_p	คือ	สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (ข้อจำกัดของ Betz) มีค่าสูงสุด $\frac{16}{27}$
E_{in}	คือ	พลังงานที่ป้อนให้โรงไฟฟ้า (kWh/ปี)
E_{out}	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าผลิตได้ (kWh/ปี)
E_t	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีที่ t (บาท)
F_t	คือ	ค่าการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าในปีที่ t (บาท)
G_h	คือ	ปริมาณรังสีอาทิตย์ต่อตารางเมตรเฉลี่ยต่อปี (kWh/m^2-yr)
H	คือ	ความสูงหัวน้ำสุทธิ (m)
I_t	คือ	ค่าการลงทุนในปีที่ t (บาท)
i	คือ	อัตราคิดลด (ทศนิยม)
LEC	คือ	ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าตามเวลา (บาท/kWh)
M_t	คือ	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาในปีที่ t (บาท)
n	คือ	อายุโครงการ (ปี)
P	คือ	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW), มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้า (m^3/s)
Q_{solar}	คือ	ปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยที่ได้รับต่อปี (kWh/ปี)
r	คือ	อัตราคิดลด (ทศนิยม)
V_r	คือ	ความเร็วลมที่ระดับความสูง z_r (m/s)
V_Z	คือ	ความเร็วลมที่ต้องการทราบค่าที่ระดับความสูง z (m/s)
z	คือ	ระดับความสูงที่ต้องการทราบค่าความเร็วลมเหนือพื้นดิน (m)
z_r	คือ	ระดับความสูงที่ทราบค่าความเร็วลมเหนือพื้นดิน (m)
ν	คือ	ความเร็วลม (m/s)
η	คือ	ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้า
ρ_a	คือ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
α	คือ	สัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม (ไร้หน่วย)