



มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

พลังงานงานทดแทนในประเทศไทย

สัปปีนนท์ เอกอำพน

คำนำ

ตำราเล่มนี้ถูกเขียนขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนักศึกษาปี ๓ - ๔ และสำหรับบุคคลทั่วไปที่มีความสนใจทางด้านดังกล่าว โดยที่แม้เนื้อหาบางส่วนจะมีคณิตศาสตร์ขั้นสูงเพื่อช่วยในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แต่ความตั้งใจหลักของผู้เขียนต้องการจะให้ผู้ที่มีความสนใจและมีพื้นฐานคณิตศาสตร์ระดับมัธยมปลาย ควรจะสามารถอ่านแล้วเข้าใจได้ ทั้งนี้เนื่องจากผู้เขียนเล็งเห็นความสำคัญของการสร้างความเข้าใจพื้นฐานเรื่องของพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงเทคโนโลยีต่างๆที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อกักเก็บ แปลง หรือนำพลังงานนี้ไปใช้ เพื่อให้ผู้อ่านจะได้มีความเข้าใจที่ถูกต้อง มีพื้นฐานความรู้ที่เหมาะสมในการทำงานในเทคโนโลยีพลังงานสะอาดในอนาคต หรือแม้แต่สามารถทำความเข้าใจและคำนึงถึงความเหมาะสมของนโยบายหรือโครงการที่เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยไม่เชื่อเพียงคำโฆษณาหรืออวดอ้างที่อาจจะเกินความเป็นจริงในหลายครั้ง

ผู้เขียนหวังว่าข้อมูลที่ได้รับการรวบรวมไว้ในตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านในวงกว้าง มิใช่เฉพาะระดับนักศึกษาหรือนักวิชาการเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ถ้าหากผู้อ่านมีความรู้พื้นฐานทางด้านฟิสิกส์พื้นฐาน จะทำให้สามารถเข้าใจเนื้อหาและบทวิเคราะห์ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถนำความรู้ที่ได้รับนำไปวิเคราะห์ข้อมูลอื่นๆได้ด้วยตนเอง

สัปปินันท์ เอกอำพน

สารบัญ

I	พลังงานทดแทนเบื้องต้น	7
1	พลังงานแสงอาทิตย์	9
1.1	การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody Radiation)	9
1.2	ทิศทางของแสงอาทิตย์	9
2	เทคโนโลยีการติดตามดวงอาทิตย์	11
2.1	การติดตามแบบใช้พลังงาน	11
2.2	การติดตามแบบไม่ใช้พลังงาน	11
3	เซลล์แสงอาทิตย์	13
4	พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์	15
4.1	การรับความร้อนโดยตรง	15
4.2	การรับความร้อนแบบรวมแสง	15
4.3	คุณสมบัติของตัวรับแสง	15
4.4	เทคโนโลยีนำความร้อนไปใช้ต่อ	15
II	การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์	17
5	เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน	19
5.1	บ่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Ponds)	19
5.2	แบตเตอรี่	20
5.3	ล้อตุ่นกำลัง (Flywheel)	20
6	พลังงานลม	21
7	พลังงานชีวภาพ	23
III	ศักยภาพของพลังงานทดแทนในประเทศไทย	25
8	การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์	27
8.1	โครงสร้างต้นทุน	27
9	การพัฒนาอย่างยั่งยืน	29

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

ภาค I

พลังงานทดแทนเบื้องต้น

1 พลังงานแสงอาทิตย์

เวลาพูดถึงพลังงานแสงอาทิตย์นั้น หลายคนอาจจะนึกถึงแดดร้อนๆ ในช่วงเดือนมีนาคมหรือเมษายน แต่จริงๆ แล้วจะรู้ไหมว่าพลังงานที่มีอยู่ในแสงอาทิตย์นั้นประกอบด้วยหลายส่วน การจะดักดวงพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้ได้เต็มที่มีนั้น จำเป็นที่เราจะต้องมีความเข้าใจถึงส่วนประกอบเหล่านี้

เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นต่างๆ ดังนั้นเราควรจะเริ่มทำความเข้าใจกับการแผ่รังสีของวัตถุดำก่อน

1.1 การแผ่รังสีของวัตถุดำ (Blackbody Radiation)

การแผ่รังสีของวัตถุดำเกิดจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความร้อนของวัตถุซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุลทางอุณหพลศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งช่วงความถี่และความเข้มของคลื่นต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วไม่มีวัตถุใดที่มีการแผ่รังสีเหมือนวัตถุดำแท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งดาวฤกษ์อย่างพระอาทิตย์นั้นก็ไม่ได้อยู่ในสภาวะสมดุลกับสิ่งแวดล้อม แต่ความเข้าใจเรื่องของการแผ่รังสีนี้ก็สามารถนำมาใช้ทำความเข้าใจส่วนประกอบของแสงอาทิตย์ได้

ยกตัวอย่างเช่น ในวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำนั้น ในห้องมืดจะมองเห็นเป็นสีดำเนื่องจากช่วงคลื่นที่แผ่ออกมาเป็นช่วงอินฟราเรดซึ่งมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงราว 500°C การแผ่รังสีเริ่มเข้าอยู่ในช่วงความถี่ที่ตามองเห็น (visible spectrum) และจะเริ่มมีสีแดง เมื่ออุณหภูมิสูงมากจะออกเป็นสีฟ้าขาว เมื่อวัตถุมีการแผ่รังสีเป็นสีขาว แสดงว่ามีการแผ่รังสีบางส่วนออกมาเป็นรังสีอัลตราไวโอเล็ต

ดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิที่ผิวประมาณ 5800 K นั้น มีการแผ่รังสีออกมาสูงสุดในช่วงคลื่นแสงและอินฟราเรด และมีจำนวนอีกเล็กน้อยในช่วงอัลตราไวโอเล็ต

1.2 ทิศทางของแสงอาทิตย์

2 เทคโนโลยีการติดตามดวงอาทิตย์

เนื่องจากดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และพลังงานของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งๆขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแสงและมุมตกกระทบ เพื่อจะเพิ่มพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ เราสามารถออกแบบอุปกรณ์ให้มีความสามารถในการติดตามดวงอาทิตย์ (solar tracking) ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลายวิธีที่ใช้ในการติดตาม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่

2.1 การติดตามแบบใช้พลังงาน

การติดตามดวงอาทิตย์แบบใช้พลังงานหรือที่เรียกว่า Active Tracking นั้นเป็นการใช้ระบบ Feedback Loop โดยใช้ตัวรับแสงเพื่อช่วยในการบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ประเมิณผล แล้วส่งสัญญาณให้กับระบบควบคุมให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

2.2 การติดตามแบบไม่ใช้พลังงาน

3 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic cell) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงโดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic effect) ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นจาก

4 พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

4.1 การรับความร้อนโดยตรง

4.2 การรับความร้อนแบบรวมแสง

4.2.1 การใช้เลนส์

4.2.2 การใช้กระจกรวมแสง

4.3 คุณสมบัติของตัวรับแสง

4.4 เทคโนโลยีนำความร้อนไปใช้ต่อ

4.4.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกซึ่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นบนตัวนำหรือสารกึ่งตัวนำที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

4.4.2 เครื่องยนต์สเตอร์ลิง

ภาค II

การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์

5 เทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน

ปัญหาหนึ่งของพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานทดแทนเช่นพลังงานลมหรือพลังงานคลื่นคือความไม่แน่นอนและไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งเป็นเกณฑ์วัดสำคัญของการสามารถพึ่งพาแหล่งพลังงานชนิดหนึ่งๆได้ ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีของโรงไฟฟ้าพลังงานแก๊สธรรมชาติ สามารถเปิดต่อเนื่องตลอดเวลาได้และสามารถเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตได้ตามอุปสงค์อย่างไม่ยากเย็นนัก ในทางตรงกันข้าม พลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตต่อเนื่องตลอดเวลาได้เนื่องจากช่วงกลางวันและกลางคืน นอกจากนี้ยังมีเรื่องของเมฆ ความชื้นในอากาศ ดังนั้น หากต้องการจะสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (ไม่ว่าจะเป็นแบบ photovoltaics หรือ solar thermal หรือแบบอื่นๆ) จำเป็นจะต้องสร้างเพื่อความไม่แน่นอนเหล่านี้ เช่นถ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้า 10 MW อาจจะต้องสร้างโรงไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ 20 MW แล้วมีการกักเก็บส่วนที่เกินความต้องการไว้ในยามที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิตต่อความต้องการผลิต

ดังนั้น การจะลดผลกระทบจากความผันผวนและเพิ่มความสามารถในการควบคุมแหล่งพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งพลังงานทดแทนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ จำเป็นที่จะต้องมีการอุปกรณกักเก็บพลังงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อเก็บพลังงานส่วนเกินไว้ แล้วสามารถดึงพลังงานที่กักเก็บไว้มาใช้ในช่วงที่มีความต้องการได้โดยไม่ต้องพึ่งพาแหล่งพลังงานโดยตรง

วิธีการกักเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่นและจุดด้อยต่างกันไป พึงคำนึงไว้เสมอว่าไม่มีเทคโนโลยีใดที่จะเหมาะสมและดีกว่าเทคโนโลยีอื่นในทุกสถานการณ์ เราจึงควรทำความเข้าใจประเด็นต่างๆที่สำคัญเหล่านี้ไว้ เพื่อจะได้นำเทคโนโลยีเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม

5.1 บ่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Ponds)

บ่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในที่นี้หมายถึงบ่อเก็บของเหลวซึ่งสามารถกักเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ในปัจจุบันบ่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนมากใช้สารละลายเกลือคลอไรด์หรือซัลเฟตในน้ำ หลักการทำงานของบ่อดังกล่าวคือการแบ่งชั้นของสารละลายตามความเข้มข้น โดยสารละลายที่มีความเข้มข้นมากจะตกอยู่ที่ชั้นล่างเนื่องจากมีความหนาแน่นสูง และสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยจะลอยอยู่ด้านบนเนื่องจากมีความหนาแน่นน้อย ซึ่งการแบ่งชั้นนี้จะป้องกันการหมุนเวียนของสารละลายเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งในบ่อน้ำปกติเมื่อได้รับความร้อน จะมีการหมุนเวียนขึ้นเนื่องจากน้ำที่ร้อนกว่าจะมีการขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นลดลงและลอยขึ้นสู่ด้านบน แต่ในบ่อน้ำที่มีการแบ่งชั้นของสารละลายนี้จะไม่มีการหมุนเวียนของสารละลาย ทำให้สามารถกักเก็บความร้อนไว้ได้

กระบวนการสร้างบ่อกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ 2 วิธี

5.1.1 บ่อเก็บแบบประดิษฐ์

บ่อเก็บพลังงานแบบนี้สร้างโดยการเติมสารละลายที่มีความเข้มข้นจากสูงลงไปสู่ชั้นล่างแล้วลดลงต่ำลงเมื่อเพิ่มระดับน้ำขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อเต็มเสร็จ บ่อก็จะสามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ได้

5.1.2 บ่อเก็บแบบเกิดเอง

บ่อประเภทนี้อาศัยหลักการของการละลายอิมตัวของเกลือในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆกัน โดยที่ความสามารถในการละลายแปรผันตรงกับอุณหภูมิของตัวทำละลาย ซึ่งเกลือที่จะนำมาใช้ในบ่อประเภทนี้ จำเป็นจะต้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการละลายต่ออุณหภูมิสูง เพื่อที่จะได้สามารถสร้าง gradient ของความเค็มต่อความลึกได้สูง และมีความสามารถในการเก็บความร้อนได้ดี

5.2 แบตเตอรี่

5.3 ล้อตุนกำลัง (Flywheel)

6 พลังงานลม

7 พลังงานชีวภาพ

ภาค III

ศักยภาพของพลังงานทดแทนใน
ประเทศไทย

8 การประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

เคยสงสัยกันบ้างไหมว่า เวลาที่การไฟฟ้าเก็บค่าไฟเราหน่วยละ 3 บาทกว่าๆนั้น เขาคิดคำนวณกันมาอย่างไร มีหลักฐานอ้างอิงหรือข้อมูลอะไรมาช่วยสนับสนุนนี้ไหม หรือว่าแค่นั่งเทียนกำหนดเลขกลมๆขึ้นมา จริงๆแล้วก็คงไม่ใช่ใช้อย่างนั้น และแน่นอนว่าค่าไฟที่เก็บนั้นก็คงไม่ได้เท่าทุนพอดี คงจะต้องมีส่วนบวกเพื่อให้เป็นกำไรไว้มากก็น้อยเป็นแน่

ในบทนี้ เราจะมาพูดถึงการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตพลังงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างการผลิตไฟฟ้าปัจจุบัน (พ.ศ. 2560) ซึ่งโดยส่วนมากยังพึ่งพาเชื้อเพลิงปิโตรเลียมอยู่ กับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนซึ่งเราได้กล่าวถึงเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไปในส่วนที่ 1

หลายครั้งที่วิศวกรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานศึกษา (ตัวผมเองก็ด้วย) คิดวิเคราะห์ปัญหาทางพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยยังไม่ได้พิจารณาเรื่องของความเหมาะสมของเทคโนโลยีทางเศรษฐศาสตร์ หรือที่เรียกว่า เทคโนโลยีนั้นมันแพงเกินไปหรือเปล่า การจะพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีพลังงานหนึ่งๆมาใช้ แม้ว่าจะมีความล้ำสมัย สะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพียงใด หากมีราคาแพงกว่าของเดิมที่ใช้อยู่ปัจจุบัน ก็คงยากที่จะโน้มน้าวให้ประชาชนส่วนมากเห็นดีเห็นงามไปด้วย ไม่ใช่ว่าพวกเขาไม่รักโลก หรือไม่ห่วงเรื่องสิ่งแวดล้อม แต่การจะบอกว่าได้โปรดใช้ของที่แพงขึ้นหน่อยเพื่อให้โลกสะอาดขึ้นก็ฟังดูเป็นข้ออ้างที่อาจจะดูหลักลอยไปสักหน่อย วิธีง่ายที่สุดที่จะชวนให้ประชาชนทั่วไปหันมาสนใจการใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจังก็คือต้องบอกว่าของใหม่นั้น**ถูกกว่า**

ดังนั้น เพื่อจะแน่ใจว่าเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของเรานั้นถูกกว่าไฟฟ้าที่ผลิตอยู่ปัจจุบัน เราจำเป็นต้องทำความเข้าใจก่อนว่าโครงสร้างต้นทุนการผลิตไฟฟ้า หรือพลังงานอื่นๆที่ใช้ในครัวเรือนปัจจุบันนั้นเป็นอย่างไร

8.1 โครงสร้างต้นทุน

ศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนนั้นมีมานานโขอยู่ เริ่มจากปี ... ซึ่งพลังงานก็นับเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งซึ่งใช้สามารถจะวิเคราะห์ต้นทุนได้ การแบ่งประเภทต้นทุนนั้นสามารถทำได้อยู่หลายวิธี แล้วแต่จุดประสงค์และการนำไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตาม ในหนังสือเล่มนี้เราต้องการศึกษาประเภทของต้นทุนเพื่อทำความเข้าใจแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆที่เปลี่ยนไป จึงได้เลือกใช้วิธีการจำแนกต้นทุนตามความสัมพันธ์กับระดับของกิจกรรม ซึ่งสามารถสะท้อนความเปลี่ยนแปลงอันขึ้นอยู่กับการผลิต โดยโครงสร้างต้นทุนแบบนี้สามารถแบ่งออกเป็นประเภทดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs)

เป็นต้นทุนส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงระดับการผลิตหนึ่ง ซึ่งทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการผลิตมากขึ้น

2. ต้นทุนผันแปร (Variable Costs)

เป็นต้นทุนส่วนที่ต้นทุนรวมมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับการผลิต ในขณะที่ต้นทุนต่อหน่วยยังคงที่

3. ต้นทุนผสม (Mixed Costs)

เป็นต้นทุนที่มีลักษณะของทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรผสมกัน สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท

- (a) ต้นทุนกึ่งผันแปร (semi variable cost) เป็นต้นทุนที่จะมีส่วนหนึ่งคงที่ทุกระดับกิจกรรม และมีส่วนที่ผันแปรไปกับระดับกิจกรรม เช่น ค่าโทรศัพท์ เป็นต้น บางครั้งก็เป็นการยากที่จะประเมินส่วนที่คงที่หรือแปรผันของส่วนนี้
- (b) ต้นทุนเชิงขั้น (step cost) หรือต้นทุนกึ่งคงที่ (semi fixed cost) หมายถึงต้นทุนที่คงที่ในช่วงระดับกิจกรรมหนึ่ง และเปลี่ยนไปคงที่ในอีกระดับกิจกรรมหนึ่ง เช่น ค่าผู้ควบคุมงาน เงินเดือน

9 การพัฒนาอย่างยั่งยืน

