หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

เศรษฐศาสตร์ของพลังงานลม

การใช้กังหันลมในปัจจุบันนิยมใช้เป็นเครื่องต้นกำลังขับเช่นเดียวกับเครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องจักรไอน้ำ แต่ในประเทศที่พัฒนากังหันลมจนถึงที่สุดแล้ว และมีพื้นที่ซึ่งมีความเร็วรอบสูงพอจะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นส่วนมาก สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาและเป็นประเทศเกษตรกรรมนิยมใช้กังหันลมเพื่อสูบน้ำ ในส่วนประเทศไทยก็มีกังหันลมสูบน้ำแบบท้องถิ่นที่ใช้ได้ผลดี และเหมาะสมเฉพาะพื้นที่ ทั้งด้านการใช้งานและราคาค่าใช้จ่ายต่างๆ รวม 2 รูปแบบ คือกังหันลมใบไม้ความเร็วรอบสูงที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และกังหันลมแบบเสือสำแพนที่จังหวัดสมุทรสงครามแล้ว นอกจากนี้ยังได้มีการนำรูปแบบกังหันลมแบบหลายใบพัดจากต่างประเทศเข้ามาดัดแปลงและผลิตออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ในราคาตั้งแต่ 45,000.- บาท จนถึง 120,000.- บาท ขึ้นอยู่กับขนาดของกังหันลม ขนาดเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ และความสูงของหอคอย (ยังไม่รวมค่าขนส่ง ติดตั้ง บ่อพักน้ำ บ่อเก็บน้ำ ตลอดจนระบบท่อส่งน้ำที่ต้องต่อเพิ่มเติม) กำลังลมแบบหลายใบนี้ยังไม่เป็นที่นิยมและยอมรับของเกษตรกรไทย เนื่องจากราคารวมทั้งระบบของกังหันลมแต่ละชุดมีราคาสูงกว่าราคาเครื่องสูบน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด 6-7 แรงม้า รวมกับเครื่องสูบน้ำแบบล่อน้ำภายในตัวเอง ขนาด 3 นิ้ว รวมท่อดูดและท่อส่งยาว 20 เมตร ซึ่งมีราคารวมทั้งชุดประมาณไม่เกิน 20,000.- บาท แต่อย่างไรก็ดี การพิจารณาความเหมาะสมยังต้องพิจารณารวมไปถึงอายุการใช้งาน ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน อัตราดอกเบี้ยการลงทุนและใช้จ่าย เพื่อสรุปเป็นอัตราผลตอบแทนผลผลิตรวมที่ได้ต่อหน่วยการลงทุน

6.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการสูบน้ำ

การพิจารณาตัดสินใจเพื่อการลงทุนใช้กังหันลมสูบน้ำแทนการใช้เครื่องยนต์สูบน้ำ ควรพิจารณาค่าใช้จ่ายรายปีในการใช้งาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสถานภาพของผู้ลงทุนซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราดอกเบี้ยที่นำมาคิดค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงรักษาซึ่งอาจคิดเป็น 20% ของการลงทุนทั้งหมดของระบบกังหันลม ตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งของการลงทุนที่บ่งชี้ถึงความคุ้มทุนหรือไม่ก็คืออายุการ

ใช้งาน และปริมาณน้ำที่สูบได้ ซึ่งในกรณีกังหันลมจะขึ้นอยู่กับประเภทของกังหันลม ความเร็วลมเฉลี่ยและจำนวนชั่วโมงที่ลมพัดต่อไป ซึ่งอย่างไรก็ตามในบทนี้จะพิจารณาเฉพาะการลงทุน และตัวแปรบางตัวที่นำมาพิจารณาประกอบร่วม โดยการพิจารณาต้นทุนการสูบน้ำคิดเป็นบาทต่อปริมาณน้ำที่สูบได้ (B/m^3) และบาทต่อพลังงานน้ำที่สูบได้ (B/kwh)

6.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของพลังงานลม (5)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างพลังงานลมกับพลังงานรูปอื่นๆ ที่ต้องการเลือกใช้ ต้องประมาณการค่าใช้จ่ายทุกอย่างตลอดอายุการใช้งานของกังหันลม นอกจากนี้ยังต้องรู้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของพลังงานลมด้วย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาตัวเลขต้นทุนการสูบน้ำ

สิ่งที่จะนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายต้นทุนการสูบน้ำโดยกังหันลม มีดังนี้

- ราคาต้นทุนกังหันลม และถังเก็บน้ำ
- ราคาค่าติดตั้ง-ขนส่งกังหันลม
- ค่าอะไหล่ตลอดอายุการใช้งาน เช่น แบริ่ง ลูกสูบปั๊มน้ำ การทาสีใหม่ เป็นต้น
- ค่าบำรุงรักษาแต่ละปี
- มูลค่าคงเหลือ (เมื่อสิ้นการใช้งาน)
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้
- อายุการใช้งานทางเทคนิค
- ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานที่จะนำกังหันลมไปติดตั้ง

หากไม่ทราบตัวเลขค่าใช้จ่ายของหัวข้อต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ก็พยายามประมาณการให้ใกล้เคียงความจริงให้มากที่สุด

ตารางที่ 6-1 ข้อมูลทางเทคนิคประกอบการคำนวณต้นทุนการสูบน้ำ

ระบบของการสูบน้ำ	ราคาต้นทุน (บาท/ชุด)	ความสามารถในการทำงาน	อายุการใช้งาน (ปี)	ชั่วโมงการทำงาน (ชม./ปี)
- เครื่องดีเซลขับเครื่องสูบน้ำ * เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องสูบน้ำขนาด 3 นิ้ว อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.180 ลิตร/แรงม้า-ชม.	20,500 บาท	7.5 Ps/2200rpm Q=1136 ลิตร/นาที H= 12 เมตร	5	1,020
- เครื่องเบนซินขับเครื่องสูบน้ำ * เครื่องเบนซิน เครื่องสูบน้ำขนาด 3 นิ้ว อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 0.318 ลิตร/แรงม้า/ชม.	8,800 บาท	8Hp/3600rpm Q=900 ลิตร/นาที H= 12 เมตร	5	1,020
- กังหันลมหลายใบสูบน้ำ 12 PU 500 ** กังหันลมหลายใบ ϕ 5 เมตร สูง 9 เมตร เครื่องสูบน้ำลูกสูบ ϕ 6 นิ้วระยะชัก 3 นิ้ว	60,000 บาท	cut-in 2 m/s rated 3 m/s Q = 13.61/min H = 3.5 m.	10	2,600

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบของการสูบน้ำ	ราคาต้นทุน (บาท/ชุด)	ความสามารถในการทำงาน	อายุการใช้งาน (ปี)	ชั่วโมงการทำงาน (ชม./ปี)
กังหันลมหลายใบสูบน้ำ NEA ** - กังหันลมหลายใบ 4.5 ม.สูง 9 ม. - เครื่องสูบน้ำลูกสูบ 12 นิ้ว ระยะชัก 3 นิ้ว	60,000 บาท	cut-in 3 m/s. rated 3 m/s. Q = 24 l/min. H = 3 m.	10	2,600
กังหันลมใบอ่อนแกนดิ่ง *** - กังหันแนวดิ่ง = 1.5 3.5 ต.ร.ม. - เครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพา	60,000 บาท	cut-in 5 m/s. rated 5.5 m/s. Q = 3 l/min. H = 0.5 m.	5	865

* ข้อมูลจาก หลก.ศรีโพธิ์ทองโลหะกิจ (1974)

** ทดสอบที่ อ.รามัน จ.ยะลา (พฤษภาคม 2529)

*** ทดสอบที่ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ (เมษายน - พฤษภาคม 2530)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลทางเทคนิคของระบบสูบน้ำแบบต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบมาเอง กับผู้ร่วมวิจัยในโครงการต่างๆ เช่น ข้อมูลความสามารถการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงชนิดล่อน้ำได้ด้วยตัวเอง (Self priming) หมุนขับด้วยเครื่องยนต์ทั้ง 2 ชนิด ได้รับความอนุเคราะห์ในการทดสอบภายในโรงงานผลิตเครื่องสูบน้ำ หจก.ศรีโพธิ์ทองโลหะกิจ (1974) ซึ่งได้ข้อมูลในการนำมาพิจารณาในตารางที่ 6-1 ข้อมูลสมรรถนะของเครื่องยนต์ได้รับจาก บริษัท ทองไทย (1956) จำกัด และบริษัท ยูไนเต็ดมอเตอร์เวิร์ก(สยาม) จำกัด สำหรับข้อมูลสมรรถนะการทำงานของกังหันลมได้ร่วมกับกองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ ทำการทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของกังหันลม 8 รูปแบบ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมโครงการพระราชดำริทุ่งลำเมาะ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา ข้อมูลทางเทคนิคที่นำมาใช้ในบทนี้ได้เลือกมา 2 รูปแบบคือ กังหันลมหลายใบแกนนอน แบบ 12 PU 500 และแบบ NEA ซึ่งผู้วิจัยได้ร่วมเก็บข้อมูลกับนายปรีชา บุษผาชาติ และนายเสมา กิมาคม เจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการภาคสนามของสำนักงานฯ ซึ่งบริเวณทดสอบเป็นทุ่งโล่งมีกระแสลมแรงในช่วงเวลา 14.30-16.00 น. วัดความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุดถึง 13 เมตร/วินาที (ตลอดเดือนพฤษภาคม 2529) ชั่วโมงการทำงานของกังหันลมหลายใบคิดประมาณ 30% ของจำนวนชั่วโมงต่อปีประมาณ 2,600 ชั่วโมงต่อปี สำหรับข้อมูลทางเทคนิคของกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่งถูกทดสอบบนยอดตึกอาคารวิศวฯ ใหม่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตลอด 2 ปี (2529 - 2530) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงสุด 7 เมตร/วินาที และใช้ข้อมูลชั่วโมงการทำงานของกังหันลมใบอ่อนจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา ในเอกสาร (6) ประมาณ 865 ชั่วโมง/ปี สำหรับความเร็วลมเฉลี่ยตั้งแต่ 4.5 เมตร/วินาที ขึ้นไป ข้อมูลทางเทคนิคในตารางที่ 6-1 ได้นำไปใช้คำนวณหาต้นทุนการสูบน้ำด้วยระบบต่างๆ ตามสมการข้างล่างนี้

1. มูลค่าเทียบเท่าประจำปีของเงินทุนแต่ละระบบ จะพิจารณาเชิงเศรษฐศาสตร์ตามสมการ

$$AC = P\,(A/P, i, n) + \Sigma c \qquad (6\text{-}1)$$

โดย

AC = ค่าใช้จ่ายประจำปีที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Annual cost method of comparision)

P = เงินลงทุนในครั้งแรก (Principle)

A/P = ปัจจัยอัตราดอกเบี้ยเงินลงทุน (Capital-recovery factory)

i = อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ยืมต่อปี

n = จำนวนปีในการกู้ยืมเงินลงทุน

Σc = ค่าใช้จ่ายประจำปีคิดที่สิ้นปี ได้แก่ ค่าซ่อมบำรุง ค่าดำเนินการ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมราคา (ถ้ามี) ฯลฯ

2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์

จากข้อมูลทางเทคนิคซึ่งแนบมากับคู่มือเครื่องยนต์แต่ละชนิด จะบอกอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอาจจะมีหน่วยเป็น ปอนด์/แรงม้า-ชั่วโมง หรือกรัม/แรงม้า-ชั่วโมง ในกรณีเช่นนี้จะต้องแปลงหน่วยจากปอนด์ หรือกรัมเป็นลิตร แล้วคูณด้วยความถ่วงจำเพาะของน้ำมันแต่ละชนิด เช่น ความถ่วงจำเพาะ (sp.gr) ของน้ำมันดีเซล เท่ากับ 0.85 และของน้ำมันเบนซินเท่ากับ 0.72 ดังตัวอย่าง

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง/ปี = อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง × sp.gr × แรงม้าของเครื่องยนต์ × จำนวนชั่วโมงทำงาน/ปี × ราคาน้ำมัน/ลิตร (บาท/ปี) (6-2)

3. ปริมาณน้ำที่สูบได้ = อัตราการไหลของน้ำ/ชม. × จำนวนชั่วโมงทำงาน/ปี

4. พลังงานน้ำที่สูบได้ จะเป็นตัวบ่งแสดงถึงความสามารถในการทำงานของระบบสูบน้ำจริง โดยจะพิจารณาถึงหัวน้ำที่ระบบส่งออกไปได้ด้วย

$$\text{พลังงานน้ำที่สูบได้} = \gamma.H.Q.t \qquad (6\text{-}3)$$

เมื่อ

γ	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ	(นิวตัน/ลบ.ม.)
H	=	หัวน้ำที่ระบบส่งออกไป	(เมตร)
Q	=	อัตราการไหลของน้ำ	(ลบ.ม/วินาที)
t	=	จำนวนชั่วโมงทำงาน	(ชั่วโมง/ปี)

ซึ่งค่าต่างๆ ที่คำนวณได้จะถูกแสดงในตารางที่ 6-7

ต้นทุนการจัดหาน้ำด้วยระบบต่างๆ

ตารางที่ 6-2 ต้นทุนการสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ดีเซล

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	มูลค่าเทียบเท่าประจำปี* (บาท)
1. เงินลงทุนครั้งแรกได้แก่ ราคาและค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมเครื่องยนต์	20,500	5,687
2. ค่าบำรุงรักษา และดำเนินการต่อปี ได้แก่ น้ำมันเครื่อง กรองน้ำมัน ฯลฯ	2,050	2,050
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง** ใน 1020 ชั่วโมงต่อปี	8,950	8,950
4. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ต่อปี	1,000	1,000
รวมมูลค่าเทียบเท่าประจำปีของต้นทุน		17,687

* ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี อายุใช้งาน 5 ปี

** คิดจาก--- สมการ (6-1)

ตารางที่ 6-3 ต้นทุนการสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์เบนซิน

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	มูลค่าเทียบเท่าประจำปี* (บาท)
1. เงินลงทุนครั้งแรกได้แก่ ราคาและค่าติดตั้งเครื่องสูบน้ำพร้อมเครื่องยนต์	8,800	2,441
2. ค่าบำรุงรักษา และดำเนินการต่อปี ได้แก่ น้ำมันเครื่อง กรองน้ำมัน ฯลฯ	1,670	1,670
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง** ใน 1020 ชั่วโมงต่อปี	22,978	22,978
4. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ต่อปี	1,000	1,000
รวมมูลค่าเทียบเท่าประจำปีของต้นทุน		28,089

* ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี อายุใช้งาน 5 ปี

** คิดจาก----- สมการ (6-2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-4 ต้นทุนการสูบน้ำด้วยกังหันลมแบบหลายใบ 12 PU 500

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	มูลค่าเทียบเท่าประจำปี* (บาท)
1. เงินลงทุนครั้งแรกได้แก่ ค่าสร้าง และ ค่าติดตั้งทั้งระบบ	60,000	10,619
2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ได้แก่ อัตจารบี ทาสี ฯลฯ	2,400	2,400
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ต่อปี	2,000	2,000
รวมมูลค่าเทียบเท่าประจำปีของต้นทุน		15,019

ตารางที่ 6-5 ต้นทุนการสูบน้ำด้วยกังหันลมแบบหลายใบ NEA

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	มูลค่าเทียบเท่าประจำปี* (บาท)
1. เงินลงทุนครั้งแรกได้แก่ ค่าสร้าง และ ค่าติดตั้งทั้งระบบ	60,000	10,619
2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ได้แก่ อัตจารบี ทาสี ฯลฯ	2,400	2,400
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ต่อปี	2,000	2,000
รวมมูลค่าเทียบเท่าประจำปีของต้นทุน		15,019

* ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี อายุใช้งาน 10 ปี

ตารางที่ 6-6 ต้นทุนการสูบน้ำด้วยกังหันลมใบอ่อนแนวดิ่ง

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	มูลค่าเทียบเท่าประจำปี* (บาท)
1. เงินลงทุนครั้งแรกได้แก่ ค่าก่อสร้าง และค่าติดตั้งทั้งระบบ	11,642	3,230
2. ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา ได้แก่ อัตราภาษี ทาสี ฯลฯ	466	466
3. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ต่อปี	1,000	1,000
รวมมูลค่าเทียบเท่าประจำปีของต้นทุน		4,696

* ใช้อัตราดอกเบี้ย 12% ต่อปี อายุใช้งาน 10 ปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-7 เปรียบเทียบผลตอบแทนต่อต้นทุนการสูบน้ำระบบต่างๆ

ระบบของการสูบน้ำ	มูลค่าเทียบเท่าของต้นทุน (บาท/ปี)	อายุใช้งาน (ปี)	ระยะเวลาการใช้งาน (ชม./ปี)	ปริมาณน้ำที่สูบได้ (ลบ.ม./ปี)	พลังงานน้ำที่สูบได้ * (kwh/ปี) *	ผลตอบแทนการสูบน้ำ	
						(บาท/ลบ.ม.)	(บาท/kwh)
1. เครื่องดีเซลขับเครื่องสูบน้ำ	14,823	5	1020	69,523	2273.4	0.213	6.52
2. เครื่องเบนซินขับเครื่องสูบน้ำ	25,792	5	1020	55,080	1801.1	0.468	14.32
3. กังหันลมหลายใบแบบ 12 PU 500	10,619	10	2600	2,123	20.2	5.002	526
4. กังหันลมหลายใบแบบ NEA	10,619	10	2600	3,744	30.6	2.836	347
5. กังหันลมใบอ่อนแกนดิ่ง	4,696	5	865	156	0.21	30.103	22,362

* คิดจากสมการ (6-3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย