บทที่ 7

ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการทดสอบกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่ง และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบหาต้นทุนการสูบน้ำด้วยกังหันลมสูบน้ำกับเครื่องยนต์สูบน้ำ พอสรุปได้ดังนี้ :-

1. กังหันลมใบอ่อนแกนดิ่ง สามารถหมุนด้วยตัวของมันเอง โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ช่วยหมุน ตรงตามวัตถุประสงค์และความสำคัญของการศึกษา

2. กังหันลมใบอ่อนแนวดิ่ง จะทำงานได้ดีควรมีอุปกรณ์ช่วยดึงรั้งให้ใบอ่อนของกังหันลมมีลักษณะ เป็นแพนอากาศมากที่สุด

3. ประสิทธิภาพของกังหันลม (ดูในรูปของสัมประสิทธิ์กำลัง) ชุดนี้มีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความยาวคอร์ดของใบอ่อนมากขึ้น

4. การออกแบบแขนกังหันลมรองรับใบอ่อนให้มีรูปภาคตัดขวาง เป็นรูปแพนอากาศสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันลม เพราะลดแรงเสียดทานในขณะหมุน ทำให้สามารถหมุนด้วยความเร็วรอบสูงขึ้น

5. สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลมต่ำกว่าที่ออกแบบไว้มาก เพราะค่าต่างๆ ของข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเป็นค่าที่ประมาณไว้ มิได้ครอบคลุมถึงผลกระทบจากการด้อยของประสิทธิภาพทางอากาศพลศาสตร์ของกังหัน อันได้แก่ ลักษณะของใบหรือจำนวนของใบที่มีผลต่อสมรรถนะ ดังนั้นควรกระทำการวิเคราะห์สมรรถนะของกังหันลมชนิดนี้ โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ก่อนที่จะออกแบบสร้าง

6. เครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพา ที่เลือกนำมาใช้ทดลองต่อคู่ควบกับกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่งแบบนี้ ราคาถูกก็จริงแต่มีประสิทธิภาพต่ำมาก จึงทำให้ได้อัตราการไหลของน้ำออกมาน้อยมาก เมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังจึงต่ำมาก

7. สัมประสิทธิ์กำลังของกังหันลม (C_p) ที่ได้จากพลังงานลม ของกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่ง ชุดที่ 1 มีค่าสูงสุด 0.089 ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 5 เมตร/วินาที สำหรับชุดที่ 2 เมื่อใช้ความกว้างของ c = 0.3 เมตร ค่า C_p ของกังหันลมเท่ากับ 0.132 ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 5 เมตร/วินาที และสำหรับชุดที่ 2 เมื่อเปลี่ยนใช้ความกว้างของใบอ่อน c = 0.5 เมตร ค่า C_p ของกังหันลมเพิ่มขึ้นเป็น 0.259 ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 4.5 เมตร/วินาที

8. เนื่องจากเครื่องสูบน้ำที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำเกินไป ทำให้มีการสูญเสียมาก สัมประสิทธิ์รวมของระบบต่ำ ซึ่งส่งผลให้ตัวเลขต้นทุนการสูบน้ำของกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่งชุดนี้ออกมาสูงมาก หากมีการเลือกเครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกว่านี้ และสัมพันธ์กับกังหันลมมากกว่านี้ จะช่วยให้ตัวเลขต้นทุนการสูบน้ำของกังหันลมชุดเดียวกันลดลงมาในระดับที่น่าพอใจกว่านี้

9. จากผลการวิจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ในวิทยานิพนธ์นี้ จะเห็นได้ว่าราคาค่าลงทุนต่อหน่วยพลังงานที่ได้รับจากระบบกังหันลมสูบน้ำมีค่าสูงมาก ในขณะที่ในเอกสารอื่นๆ นั้นนิยมกล่าวถึงความคุ้มทุนด้วยตัวเลข ราคาต่อหน่วย ปริมาตรน้ำที่สูบได้ ซึ่งในตัวเลขแบบหลังนี้จะค่อนข้างต่ำ แต่ถ้ามีการปรับเป็นตัวเลขเป็นราคาต่อหน่วยพลังงานแล้ว ค่าตัวเลขเหล่านี้จะสูงขึ้นใกล้เคียงกับตัวเลขที่เสนอ

10. ถึงแม้ว่าผลการประเมินต้นทุนการสูบน้ำ โดยกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่งชุดนี้ยังมีค่าสูงกว่าต้นทุนการสูบน้ำโดยเครื่องยนต์มากก็ตาม แต่หากมีการเลือกสถานที่ติดตั้งใช้กังหันลมสูบน้ำให้อยู่ในพื้นที่ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยสูง (ตั้งแต่ 4 เมตร/วินาที ขึ้นไป) และมีจำนวนชั่วโมงลมพัดต่อเนื่องของลมมาก (ควรมีชั่วโมงลมพัดมากกว่า 30% ต่อปี) ก็จะทำให้ต้นทุนการสูบน้ำของกังหันลมต่ำลงได้อีก

11. ในอนาคตต่อไปนี้ เมื่อมีการพัฒนารูปแบบของกังหันลมให้สูงขึ้น ออกแบบสร้างโครงสร้าง และส่วนประกอบให้มีความแข็งแรงสูงขึ้น และเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมและอายุใช้งานยาวนานขึ้น จะเป็นการช่วยลดต้นทุนของระบบกังหันลมสูบน้ำลงจากปัจจุบัน จะมีผลให้ค่าดอกเบี้ยต่อปีของการลงทุนลดลงตามไปด้วย และย่อมมีผลดีต่อต้นทุนการสูบน้ำมากขึ้น

อุปสรรคและข้อผิดพลาด

ในการวิจัยและทดสอบนี้มีอุปสรรค และความคลาดเคลื่อนของข้อมูลมากพอสมควร จึงได้ระบุไว้ในที่นี้ เพื่อให้ผู้อ่านสามารถพิจารณาประกอบกับข้อมูล และผลการวิจัย

1. เนื่องจากตอนเริ่มทำวิจัยได้มีความพยายามเน้นหนักไปทางด้านผลิตกังหันลมที่สามารถสูบน้ำให้มีราคาถูก ประสิทธิภาพสูงพอสมควร สามารถหมุนได้เอง จึงได้พยายามเลือกวัสดุที่ผลิตกังหันราคาถูก และเลือกเครื่องสูบน้ำราคาถูก ผลที่ได้รับก็คือมีปัญหาด้านโครงสร้างของแขนกังหันลมชุดที่ 1 คือ โก่งงอเพราะวัสดุไม่คงทน และมีภาระจากแรงยกที่แขนกังหันทำให้ส่วนของแขนกังหันมีการโก่งตัว ประสิทธิภาพก็ตกลง และส่วนด้านเครื่องสูบน้ำ เนื่องจากมีราคาถูกและประสิทธิภาพต่ำ อุปกรณ์ในการซีล (Seal) ไม่ดีพอ ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลออกไม่แน่นอนในขณะที่ใส่กำลังขับคงที่ ทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อนได้

2. เครื่องมือวัด เนื่องจากเป็นการวัดในสนามเครื่องมือที่วัดลมเป็นการวัดโดยการเฉลี่ย และผลตอบสนองระหว่างลมที่ขับกังหันกับปริมาณน้ำที่ไหลเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ทำให้ผลการทดสอบเกิดความคลาดเคลื่อนได้

3. เนื่องจากมิได้เตรียมการในการวัดกำลังจากกังหันลมโดยใช้อุปกรณ์วัดทอร์ค เนื่องจากความยุ่งยากในการติดเครื่องมือในสนาม ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงมีเฉพาะข้อมูลของกำลังทั้งระบบ ซึ่งไม่สามารถระบุถึงประสิทธิภาพ และสมรรถนะของกังหันลมได้ จึงต้องมีการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ เพื่อย้อนมาหากำลังงานจากกังหันลม ซึ่งจะสามารถลดข้อผิดพลาดได้มาก หากมีการเตรียมการวัดในสนามด้วยเครื่องวัดทอร์ค ซึ่งอาจเป็นทอร์คมิเตอร์หรือโพนี่เบรค ก็จะได้สมรรถนะของกังหันลมออกมา

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปัญหาเรื่องโครงสร้างที่ได้รับภาระจากลม อาทิเช่น ขนาดและชนิดของวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นชิ้นส่วนต่างๆ ของระบบ

2. หากใช้ความยาวของแขนกังหันยาวมากๆ ก็จะได้พื้นที่รับลมมากขึ้น กำลังงานมากขึ้น แต่ต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของแขน มิฉะนั้นจะเกิดการโค้งงอ หักที่ปลายแขนกังหันเป็นต้น

3. ควรเพิ่มความยาวคอรัดขึ้น ประมาณ 0.5-0.8 เมตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และจำนวนใบอาจเพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ก็จะมีขนาด และจำนวนที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดค่าหนึ่ง เมื่อความเร็วสูงขึ้นถึงค่าหนึ่ง ต้องการทำการวิเคราะห์ออกมา

4. ควรออกแบบโครงสร้างเป็นเล่ารับ 3 ขา ซึ่งดีกว่าแบบ 2 ขา เมื่อกังหันลมหมุนด้วยความเร็วรอบสูงๆ โครงแบบ 2 ขา จะเกิดปัญหาเรื่องสั่นสะเทือนมากกว่า แบบ 3 ขา

5. ลวดสลิงที่ยึดติดกังหันกับพื้นเวลายึดแล้ว ควรล็อคตัวเร่งสปริงไม่ให้คลายออกเองเวลาโครงกังหันสั่น

6. เนื่องจากกังหันลมแกนแนวดิ่งนี้ ไม่มีระบบคัดใบและระบบป้องกันพายุ จึงควรออกแบบให้ใบพัดหลุดจากแขนกังหันเองขณะพายุพัด เพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างล้มพังทั้งระบบ เพราะเมื่อเปรียบเทียบราคาของส่วนประกอบของใบอ่อน กับราคาทั้งระบบเมื่อชำรุดเสียหายแล้ว ส่วนประกอบของใบอ่อนจะมีราคาถูกกว่ามาก และซ่อมได้ง่ายติดตั้งง่ายด้วย

7. ในการทำวิจัยเพื่อต่อกับภาระคือ เครื่องสูบน้ำ เพื่อหาสมรรถนะของระบบ ควรเลือกเครื่องสูบน้ำให้สมพันกับกังหันลม (ขนาดกังหัน, แรงบิด, ปริมาณน้ำ และหัวน้ำ) และเครื่องสูบน้ำที่ใช้ควรมีคุณสมบัติทางด้านสมรรถนะที่เชื่อถือได้ เพื่อศึกษาเป็นแนวทางให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แล้วจึงนำเครื่องสูบน้ำไปต่อกับกังหันลม และลองทดสอบกังหันลมกับเครื่องสูบน้ำที่มีราคาถูกแบบอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบอีกที

8. ควรมีการศึกษาทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ (กังหันลม + เครื่องสูบน้ำ) ประกอบกับการออกแบบ ถึงแม้ว่าการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของใบอ่อนจะค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากใบอ่อนของใบกังหันมีโอกาสเสียรูป ย่นไปมา ไม่เป็นรูปทรงที่แน่นอน

9. ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบการใช้กังหันลมชนิดนี้ กับเครื่องสูบน้ำชนิดอื่น (อาจเป็นลูกสูบหรือเกียร์) ว่าจะมีผลอย่างไร ซึ่งถึงแม้จะต้องสูญเสียกำลังส่วนหนึ่งไปเอาชนะระบบส่งถ่ายกำลัง ยังอาจได้ประสิทธิภาพของระบบดีกว่าเครื่องสูบน้ำแบบโรตารี่

10. การใช้กังหันลมแบบนี้ ควรเลือกใช้ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล บริเวณที่มีความเร็วลมค่อนข้างสูง และถ้ามีปริมาณลมพัดต่อปีสูงมาก จะช่วยให้อัตราผลตอบแทนคุ้มค่ามากขึ้น