

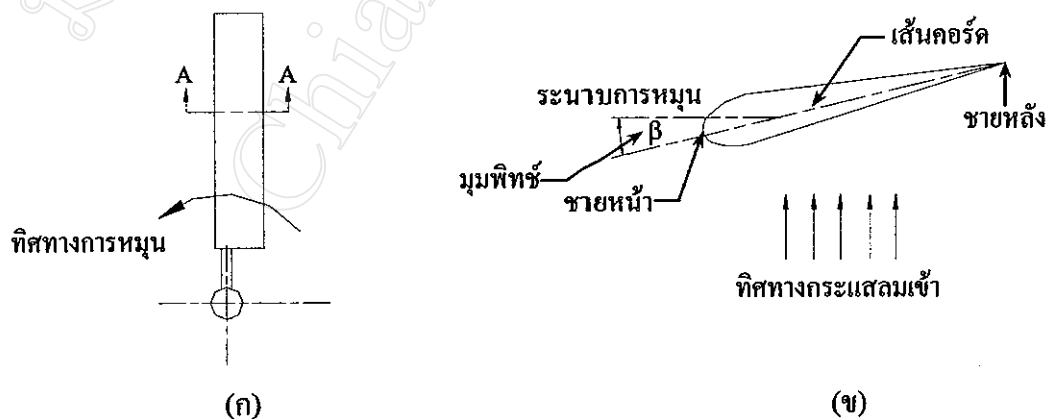
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กังหันลมได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นเป็นเวลาประมาณ 3,000 ปีมาแล้ว (Walker and Jenkins, 1997) ซึ่งในอดีตได้ถูกใช้ในงานด้านเกษตรกรรมเป็นหลัก การนำกังหันลมมาใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถูกพัฒนาขึ้นในศตวรรษที่ 20 โดยในระยะแรกได้ใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีระดับกำลังค่อนข้างต่ำเพื่อประจุไฟให้แบตเตอรี่เท่านั้น ต่อมาเมื่อราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นและมีปริมาณที่ลดน้อยลงเรื่อยๆ ประกอบกับการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดปัญหามลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นนักวิจัยจึงหันมาให้ความสนใจศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อนำพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากมวลชีวภาพ และพลังงานจากกระแสน้ำ มาใช้ทดแทนมากยิ่งขึ้น ซึ่งกังหันลมเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถนำพลังงานจากกระแสน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ในปัจจุบันกังหันลม ได้มีการติดตั้งกลไกรับมุมพิทช์ (Pitch Angle) ของใบพัดกังหันลมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมให้ดีขึ้น ซึ่งมุมพิทช์ คือ มุมที่ระนาบการหมุน (Rotation Plane) ของกังหันลม กระทบกับแนวเส้นที่ลากเชื่อมระหว่างชายหน้า (Leading Edge) และชายหลัง (Trailing Edge) ของหน้าตัดใบพัดกังหันลมหรือแนวเส้นคอร์ด (Chord Line) ของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม

(ก) ใบพัดกังหันลมและทิศทางการหมุน

(ข) ตำแหน่งมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม หน้าตัด A - A

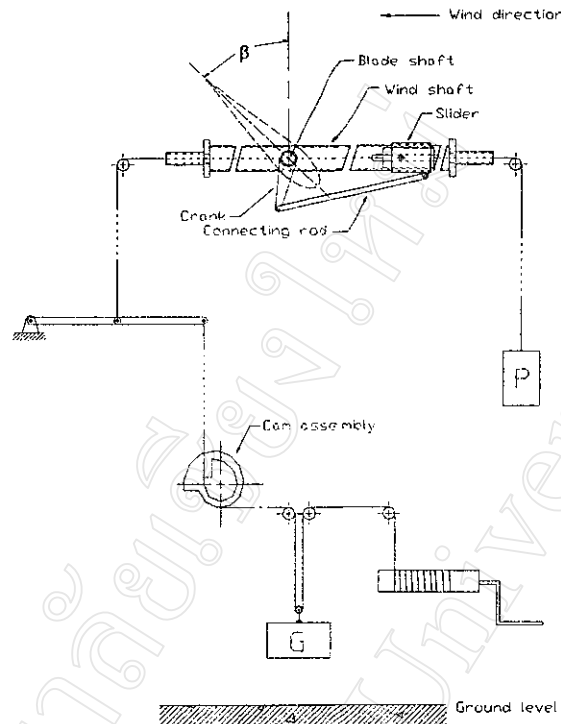
หลักการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม คือ ในสภาวะการทำงานปกติมุมพิทช์จะถูกตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ดีที่สุด ซึ่งก็คือ ตำแหน่งที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด เมื่อความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมสูงขึ้น ทำให้กังหันลมหมุนด้วยความเร็วรอบสูงเกินไปจนอาจทำความเสียหายแก่กังหันลมได้ กลไกดังกล่าวจะปรับมุมพิทช์ให้มีขนาดเล็กลงโดยอัตโนมัติ ทำให้กังหันลมหมุนด้วยความเร็วรอบไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ และเมื่อความเร็วกระแสลมลดลงสู่สภาวะปกติ กลไกนี้จะปรับมุมพิทช์ให้กลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ดีที่สุดดังเดิม ดังนั้นจึงสามารถสรุปประโยชน์ที่ได้รับจากกลไกนี้ได้ 2 ประการ คือ กำลังที่กังหันลมสามารถผลิตได้มีค่าคงที่เมื่อมีกระแสลมความเร็วสูงพัดเข้าปะทะ เนื่องจากความเร็วรอบของกังหันลมมีค่าคงที่ และยังสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับกังหันลม ในกรณีที่กระแสลมความเร็วสูงพัดเข้าปะทะกังหันลม

เนื่องจากกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลม มีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลม อีกทั้งปัจจุบัน ไมโครโปรเซสเซอร์ ได้กลายเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญมากต่อการพัฒนาในหลายๆ ด้านของมนุษย์ และได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีการผลิตชิปไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถสูงด้านการควบคุม โดยพยายามออกแบบให้มีระบบการทำงานต่างๆ ที่จำเป็นของไมโครคอมพิวเตอร์รวมอยู่ในชิปเพียงตัวเดียว เพื่อให้เหมาะกับงานด้านระบบการควบคุมอัตโนมัติและมีความสามารถที่จะทำงานด้วยชิปเพียงตัวเดียวได้ โดยใช้อุปกรณ์อื่นๆ ภายนอกมาต่อกับชิปตัวนี้ให้น้อยที่สุด เรียกว่า ชิปเกิลชิป (Single Chip) หรือที่เรียกเป็นทางการว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ดังนั้นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลม จึงเป็นการนำเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและเหมาะสมในปัจจุบันมาพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลมให้สูงขึ้น ทำให้สามารถนำพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ คือ พลังงานลม มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์มากที่สุด

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Chaitep (1979) ได้นำทฤษฎีทางแอร์โรไดนามิกส์มาใช้สร้างกลไกอัตโนมัติสำหรับควบคุมมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม กังหันลมที่ออกแบบมีจำนวนใบพัดทั้งหมด 8 ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโรเตอร์เท่ากับ 13 เมตร และแต่ละใบพัดมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภาคตัดปีกใช้แอร์ฟอยล์แบบ NACA 0015 ใบพัดจะมีการเปลี่ยนมุมพิทช์ โดยใช้โครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยเชือกและกลไก ซึ่งถูกเชื่อมโยงกันดังแสดงในรูปที่ 1.2



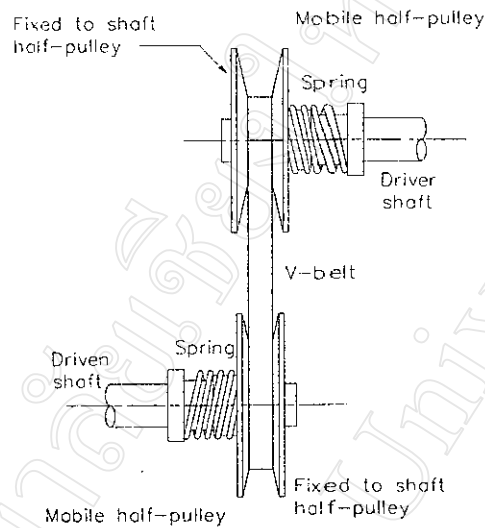
รูปที่ 1.2 แสดงส่วนประกอบของระบบควบคุมมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม
ที่มา : Chaitep (1979)

ภาระที่ใช้ในการทดสอบ คือ ภาระที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะถูกขับเคลื่อนโดยขอบนอกของวงล้อกังหันลม ในการออกแบบนั้นต้องการให้เครื่องจักรนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 5 kW ที่ความเร็วลม 7 m/s มุมพิทช์ของใบพัดกังหันลมจะถูกกำหนดโดยระบบควบคุม ซึ่งอาศัยหลักการสมดุลโมเมนต์ ที่เกิดจากมวลภายนอกและแรงทางแอร์โรไดนามิกส์บนใบพัด โดยใช้บานพับของลิ้งค์เกจ (Linkage) เป็นจุดหมุน

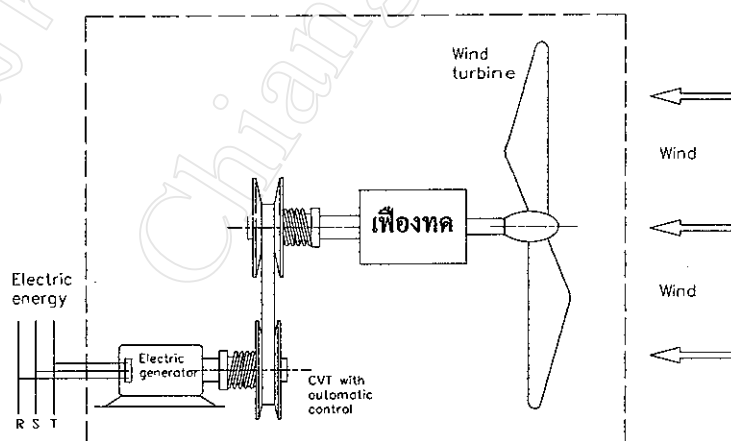
Mangialardi and Mantriota (1994) ได้ศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของระบบกำลังลมระบบธรรมดา กับระบบที่ทำงานร่วมกับกลไกอัตโนมัติ Continuously Variable Transmission (C.V.T.) ซึ่งเป็นกลไกสำหรับปรับความเร็วรอบของเจนเนอเรเตอร์ ให้มีความเหมาะสมกับการทำงานของระบบกำลังลม ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และรูปที่ 1.4

ระบบกลไก C.V.T. นี้ ประกอบด้วยสายพานรูปตัววีเชื่อมระหว่างพูลเลย์ และภาระจากสปริง 2 ตัว สปริงตัวแรกจะอยู่ที่ตำแหน่งเพลลาขับ และสปริงตัวที่สองจะอยู่ที่ตำแหน่งเพลลาที่ถูกขับ กลไกอัตโนมัติ C.V.T. จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดและปรับอัตราส่วนการส่งผ่าน และแรงบิดที่เกิดขึ้นบนพูลเลย์ตัวขับ ส่วนสำคัญของกลไกนี้อยู่ที่การออกแบบสปริง ให้มีคุณสมบัติเหมาะสม

กับแรงบิดและอัตราส่วนการส่งผ่านที่ต้องการ เพื่อให้การทำงานของระบบกำลังลม อยู่ในสถานะที่สามารถทำงานได้ดีที่สุด

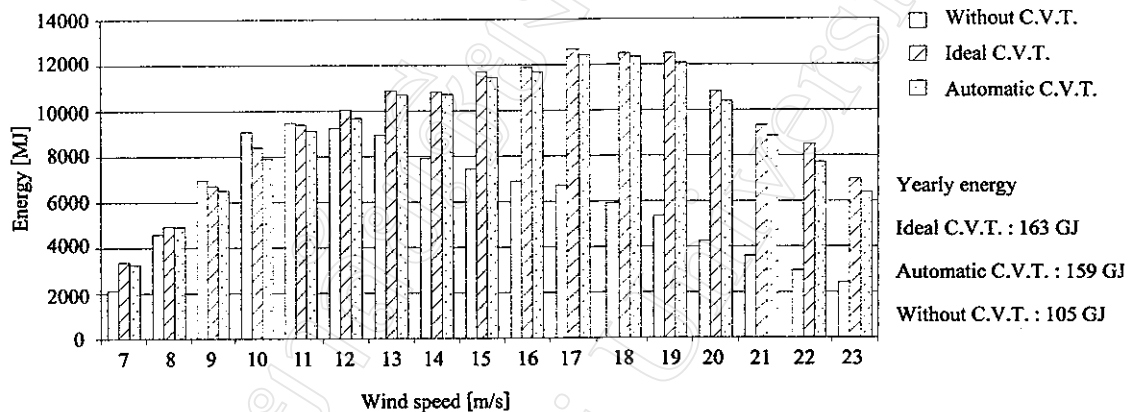


รูปที่ 1.3 แสดงกลไกอัตโนมัติ C.V.T. ที่ใช้การจากสปริงสองตัวบนพูลเลย์
ที่มา : Mangialardi and Mantriota (1994)

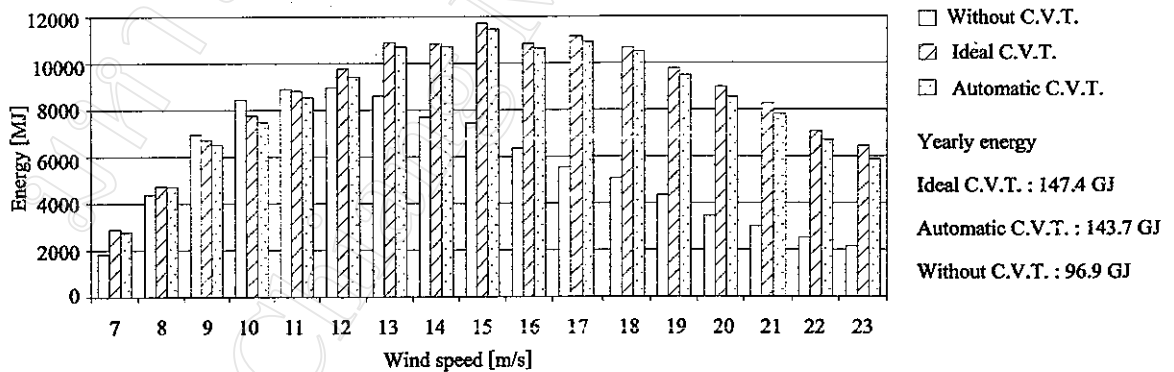


รูปที่ 1.4 แสดงระบบกำลังลมที่ติดตั้งกลไกอัตโนมัติ C.V.T. สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า
ที่มา : Mangialardi and Mantriota (1994)

ผลการทดสอบได้จากการวัดปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่เจนเนอเรเตอร์ผลิตได้ โดยทำการเปรียบเทียบกันระหว่างระบบการทำงาน 3 ชนิด คือ ระบบที่มีการติดตั้งกลไก C.V.T. ระบบธรรมดาที่ไม่มีการติดตั้งระบบ C.V.T. และระบบ Ideal C.V.T. โดยทำการทดสอบสองแห่ง คือ เมือง Capo Sandalo และเมือง Frosolone ในประเทศอิตาลี และทำการบันทึกผลการทดสอบเป็นระยะเวลา 1 ปี ผลการทดสอบที่ได้แสดงในรูปที่ 1.5



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.5 แสดงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบปีที่ความเร็วลมต่างๆ

(ก) เมือง Capo Sandalo

(ข) เมือง Frosolone

ที่มา : Mangialardi and Mantriota (1994)

จากรูปที่ 1.5 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบ Ideal C.V.T. คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้จากสมการการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเจนเนอเรเตอร์ ซึ่งเขียนให้อยู่ในฟังก์ชันของ Ship Value ได้ดังนี้ (Mangialardi and Mantriota, 1994)

$$P_{el}(s) = 3EI_1(s) \cos \varphi \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

เมื่อ I_1 คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่เจนเนอเรเตอร์ และมุมเฟสของกระแส I_1 เทียบกับเฟสความต่างศักย์ E คือ φ

Wood (1996) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของการกดอัด (Compressibility) ที่เกิดขึ้นบนกังหันลมแกนแนวนอนขนาดเล็ก เนื่องจากกังหันลมขนาดเล็กส่วนใหญ่จะทำงานที่อัตราส่วนความเร็วปลายใบพัดสูง จึงทำให้การกดอัดมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกังหันลมได้ การเกิดการกดอัดจะทำให้แรงต้านเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สถานะที่เรียกว่า “Shock-Stall” ซึ่งทำให้เกิดเป็นกลไกในตัวเองสำหรับป้องกันการเกิดการหมุนที่ความเร็วรอบสูงเกินไป การทดสอบจะใช้ใบพัดกังหันลมเป็นแอร์ฟอยล์ ชนิด NACA0012 ทำการทดสอบที่ตำแหน่งอัตราส่วนความเร็วปลายใบพัดที่ดีที่สุด และคำนวณหาประสิทธิภาพของกังหัน จากผลการทดสอบพบว่า ผลกระทบจากการกดอัดจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันการเกิดการหมุนที่ความเร็วรอบสูงเกินไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1.3.1 ออกแบบและสร้างกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ใช้ความเร็วรอบของกังหันลมเป็นตัวควบคุมการทำงานของกลไก

1.3.2 เขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของกลไกปรับมุมพิทช์ของใบพัดกังหันลม

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 เป็นแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันลม

1.4.2 เป็นแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโคร โปรเซสเซอร์ ในการช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพลังงานลม

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.5.1 แบบจำลองกังหันลมที่ใช้ทดสอบเป็นชนิดแกนเพลานอน มีจำนวนใบพัด 2 ใบพัด ใบพัดของกังหันลมที่ใช้มีรูปร่างเป็นแอร์ฟอยล์ชนิด U.S.A.35-B ไม่มีการบิด และความยาวคอर्डคงที่ ดังนั้นภาพแปลนของใบพัดจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

1.5.2 การออกแบบจะไม่คิดผลของแรงเสียดทานภายในที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของกลไก

1.5.3 จะเน้นด้านการออกแบบกลไกสำหรับปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมและเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของกลไกที่ออกแบบ

1.5.4 อุโมงค์ลมที่ใช้ทำการทดสอบเป็นแบบวงจรเปิดความเร็วต่ำชนิดดูดอากาศ มีขนาดหน้าตัดของช่วงทำงาน 0.9×1.2 ตารางเมตร และประสิทธิภาพของใบพัดที่การทำงานสูงสุดซึ่งเป็นสัดส่วนของกำลังสูงสุดที่เป็นประโยชน์ในการจับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยใบพัดกับกำลังที่ป้อนให้ที่เพลาลม คือ 16.12 เปอร์เซ็นต์ จากความเร็วสูงสุดของกระแสลมที่ 8.1 เมตรต่อวินาที เมื่อใช้กำลังขับ 2.2 กิโลวัตต์ (สัมพันธ์ ไซเทพ, 2527) และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ด้วยการเพิ่มกำลังขับหรือออกแบบใบพัดใหม่

1.5.5 กระแสลมมีความเร็วกระทำกับกังหันลมคงที่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของกังหันลม

1.5.6 ในขั้นตอนการทดสอบจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิทั่วไปของบรรยากาศ ความเร็วลมที่ใช้ทดสอบไม่เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (หรือ 8.33 เมตรต่อวินาที)

1.5.7 สมมติให้อากาศมีคุณสมบัติเป็นก๊าซอุดมคติตลอดการวิจัย