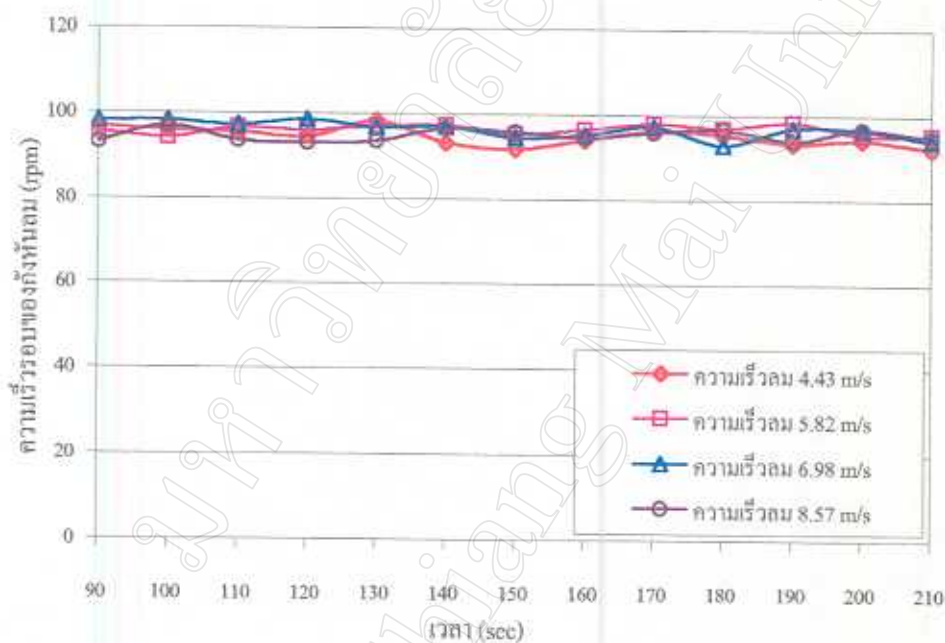


บทที่ 6

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะ ได้กล่าวถึงผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบกลไกปรับมุมพิทช์ใบพัดของกังหันลมที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 ความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัว เทียบกับเวลา เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น

รูปที่ 6.1 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัว เทียบกับเวลาเมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ความเร็วของกระแสลมในการทดสอบ คือ 4.43 5.82 6.98 และ 8.57 m/s ที่ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 15 20 25 และ 30Hz ตามลำดับ การวัดความเร็วรอบของกังหันลมจะเริ่มกระทำภายหลังจากเปลี่ยนความถี่

ของอินเวอร์เตอร์ 90 วินาที เพื่อให้ความเร็วรอบของกังหันลมเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยทำการวัดทุกๆ 10 วินาที และใช้เวลาในการวัดทั้งสิ้น 120 วินาที จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลาในแต่ละค่าของความเร็วลมที่ทำการทดสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ ความเร็วรอบของกังหันลมจะมีค่าไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา และมีค่าต่ำกว่าค่าความเร็วรอบที่กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เล็กน้อย เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของความเร็วรอบกังหันลมที่วัดได้เทียบกับค่าที่กำหนด โดยใช้สมการซึ่งจะกำหนดนิยามว่า

$$\% \text{ ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ความเร็วรอบที่กำหนด} - \text{ความเร็วรอบที่วัดได้}|}{\text{ความเร็วรอบที่กำหนด}} \times 100\% \quad (6.1)$$

จะสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังแสดงในตาราง 6.1

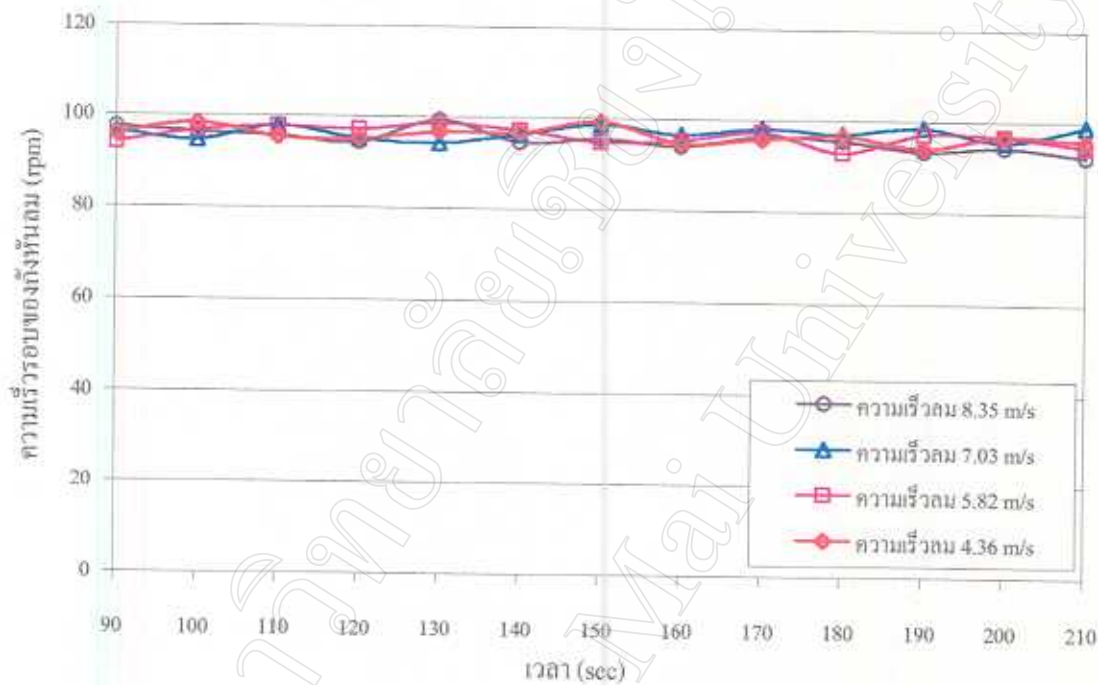
ตาราง 6.1 แสดงผลการทดสอบความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น

ความถี่อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ทดสอบ (Hz)	ความเร็วลม (m/s)	ช่วงความเร็วรอบของ กังหันลมที่วัดได้ (rpm)	ความคลาดเคลื่อน (%)	ความคลาดเคลื่อน เฉลี่ย (%)
15	4.43	92.0 - 98.4	1.6 - 8.0	5.1
20	5.82	94.3 - 98.6	1.4 - 5.7	3.5
25	6.98	93.2 - 98.7	1.3 - 6.8	3.4
30	8.57	93.3 - 97.1	2.9 - 6.7	4.8

6.2 ความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลง

รูปที่ 6.2 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลาเมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ความเร็วของกระแสลมในการทดสอบ คือ 8.35 7.03 5.82 และ 4.36 m/s ที่ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 30 25 20 และ 15 Hz ตามลำดับ การวัดความเร็วรอบของกังหันลมจะเริ่มกระทำภายหลังจากเปลี่ยนความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 90 วินาที เพื่อให้ความเร็วรอบของกังหันลมเข้าสู่สภาวะคงตัว โดยทำการวัดทุกๆ 10 วินาที และใช้เวลาในการวัดทั้งสิ้น 120 วินาที จากผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบของกังหัน

ลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลาในแต่ละค่าของความเร็วลมที่ทำการทดสอบ จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ ความเร็วรอบของกังหันลมที่วัดได้จะมีค่าไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา และมีค่าต่ำกว่าค่าความเร็วรอบที่กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เล็กน้อย เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของความเร็วรอบกังหันลมที่วัดได้เทียบกับค่าที่กำหนด โดยใช้สมการ (6.1) จะสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังแสดงในตาราง 6.2



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัว เทียบกับเวลา เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลง

ตาราง 6.2 แสดงผลการทดสอบความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลม ให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วลดลง

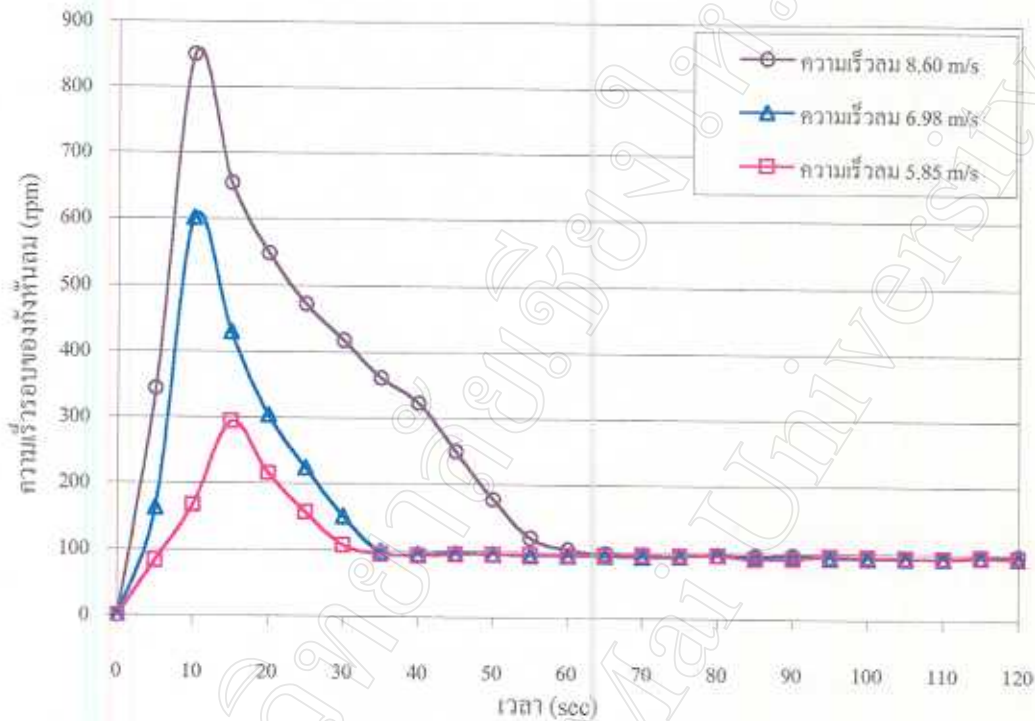
ความถี่อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ทดสอบ (Hz)	ความเร็วลม (m/s)	ช่วงความเร็วรอบของ กังหันลมที่วัดได้ (rpm)	ความคลาดเคลื่อน (%)	ความคลาดเคลื่อน เฉลี่ย (%)
30	8.35	92.4 - 99.3	0.7 - 7.6	4.6
25	7.03	94.7 - 99.0	1.0 - 5.3	3.2
20	5.82	93.2 - 98.6	1.4 - 6.8	3.8
15	4.36	94.8 - 99.4	0.6 - 5.2	3.7

จากผลการทดสอบความสามารถของกลไก ในการควบคุมความเร็วรอบของกังหันลม ให้คงที่ เมื่อกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลมมีความเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงดังแสดงในตาราง 6.1 และ 6.2 พบว่า กลไกที่ออกแบบไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบของกังหันลมให้เท่ากับค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้พอดี โดยจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดเล็กน้อยและมีการแกว่งอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้ความเร็วรอบของกังหันลมต่ำกว่าค่าที่กำหนดเล็กน้อย น่าจะเป็นผลมาจากแรงเสียดทานที่กระทำกับเพลารอเตอร์ของกังหันลม ซึ่งก็คือ แรงเสียดทานจากชุดแปลงถ่านและจากคลัทช์กัน เนื่องจากเมื่อกลไกทำการปรับมุมพิทช์เพื่อต้องการเพิ่มความเร็วรอบของกังหันลมให้สูงขึ้นแรงเสียดทานดังกล่าวจะคอยต้านการหมุนของกังหันลม แต่เมื่อกลไกทำการปรับมุมพิทช์เพื่อลดความเร็วรอบของกังหันลมให้ต่ำลง แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะมาช่วยลดความเร็วรอบของกังหันลมให้ลดลงอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้เวลาที่ความเร็วรอบของกังหันลมที่ค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดรวดเร็วมาก ดังนั้นเมื่อทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมโดยใช้เครื่องมือซึ่งไม่สามารถวัดได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา จะทำให้ความเร็วรอบที่อ่านได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้เล็กน้อย และสาเหตุที่ทำให้ความเร็วรอบความเร็วรอบของกังหันลมมีการแกว่งอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา น่าจะเป็นผลมาจากการกระเพื่อมของกระแสลมและความไม่สม่ำเสมอของความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะใบพัดกังหันลม (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก จ)

6.3 การทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่กังหันลมอยู่หนึ่ง

รูปที่ 6.3 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลมในขณะที่กังหันลมอยู่หนึ่ง ความเร็วของกระแสลมที่ใช้ในการทดสอบ คือ 8.60 6.98 และ 5.85m/s โดยใช้ความเร็วของอินเวอร์เตอร์ 30 25 และ 20Hz ตามลำดับ การวัดความเร็วรอบของกังหันลมจะเริ่มค้นวัดเมื่อกังหันลมเริ่มหมุนจากจุดหยุดนิ่ง และทำการวัดการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งครบ 120 วินาที จากผลการทดสอบพบว่า ในช่วงแรกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ความเร็วรอบของกังหันลมจะเพิ่มสูงขึ้นจนเกินค่าที่กำหนดไว้ ต่อมาจะค่อยๆ ปรับเข้าสู่สภาวะคงตัว ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการปรับจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลม กล่าวคือ เมื่อมีกระแสลมความเร็วสูงพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม กลไกจะใช้เวลาในการปรับมากกว่าเมื่อมีกระแสลมความเร็วต่ำพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม นอกจากนี้ความเร็วรอบสูงสุดของกังหันลมที่วัดได้ก่อนที่จะเริ่มลดลงกลับเข้าสู่สภาวะคงตัวจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมที่พัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม กล่าวคือ ความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้เมื่อมีกระแสลมความเร็วสูงพัด

การ โขกเข้าปะทะก้านลม จะมีค่าสูงกว่าความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้เมื่อมีกระแสลมความเร็วต่ำ
 พัดกร โขกเข้าปะทะก้านลม (รูปที่ 6.3 ประกอบ) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 6.3



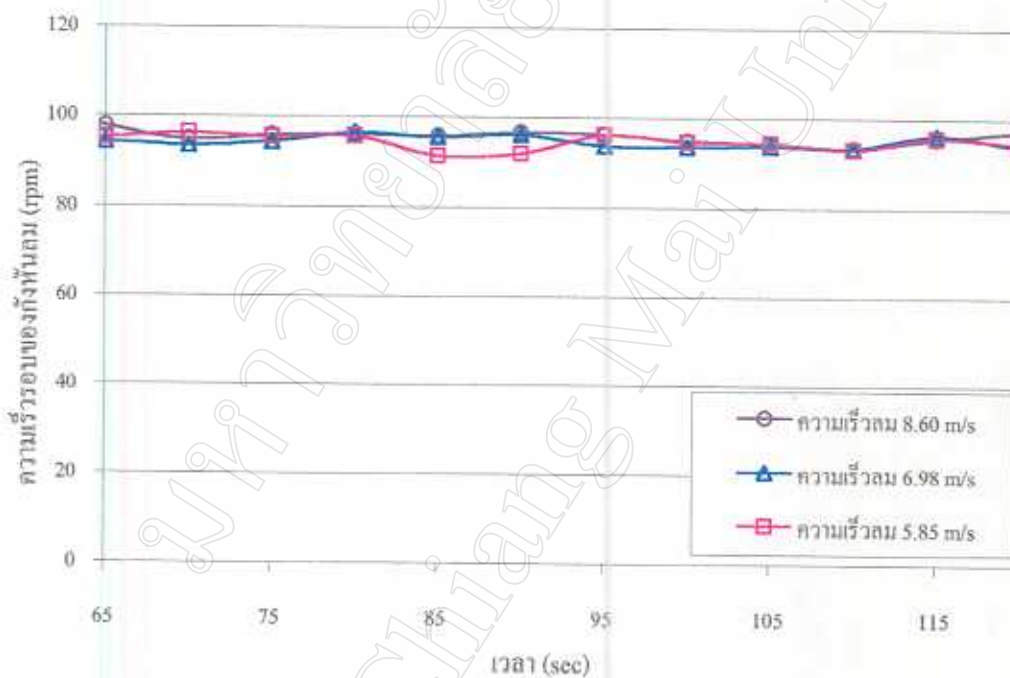
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลม
 พัดกร โขกเข้าปะทะก้านลม ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง

ตาราง 6.3 แสดงผลการทดสอบการทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกร โขกเข้าปะทะ
 ก้านลมในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง

ความถี่ของตัวทดสอบ (Hz)	ความเร็วลม (m/s)	เวลาที่กลไกใช้กับความเร็วรอบ เข้าสู่สภาวะคงตัว (sec)	ความเร็วรอบสูงสุดที่ วัดได้ (rpm)
30	8.60	55	849.7
25	6.98	35	429.8
20	5.85	30	294.8

เมื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของระบบกลไกในช่วงแรกก่อนที่กลไกเริ่มทำงาน จากผลการทดสอบในรูปที่ 6.3 กับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลาจะมีลักษณะคล้ายกัน แต่ความเร็วรอบในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วกว่าผลจากการทดสอบ ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากผลกระทบภายนอกที่กระทำกับเพลาโรเตอร์ของกังหันลม เช่น แรงเสียดทาน เป็นต้น

เมื่อกลไกทำการปรับความเร็วรอบให้เข้าสู่สภาวะคงตัวเรียบร้อยแล้ว ความเร็วรอบของกังหันลมจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลง เหมือนกับการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จากการทดสอบในรูปที่ 6.1 และ 6.2 กล่าวคือ ความเร็วรอบของกังหันลมจะมีค่าไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา และมีค่าต่ำกว่าค่าความเร็วรอบที่กำหนดไว้เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 6.4

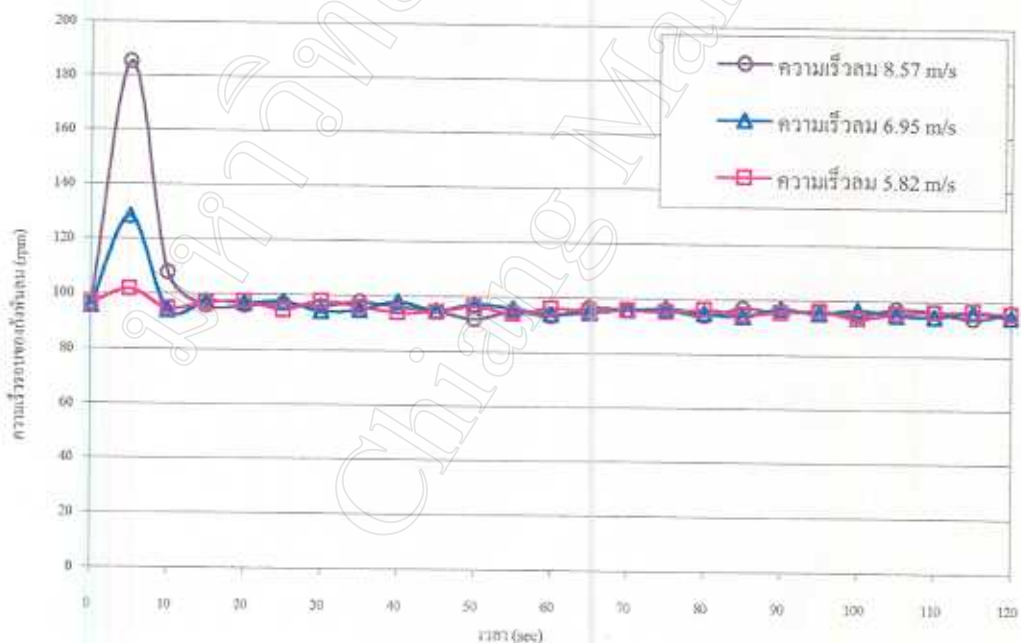


รูปที่ 6.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัวเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่กังหันลมอยู่นิ่ง

6.4 การทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว

รูปที่ 6.5 เป็นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลมในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว

ซึ่งความเร็วของกระแสลมที่ใช้ในการทดสอบ คือ 8.57 6.95 และ 5.82 m/s โดยใช้ความถี่ของอินเวอร์เตอร์ 30 25 และ 20Hz ตามลำดับ การวัดความเร็วรอบของกังหันลมจะเริ่มต้นวัดทันทีหลังจากเปลี่ยนความเร็วของกระแสลมที่ใช้ในการทดสอบ และทำการวัดทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งครบ 120 วินาที จากผลการทดสอบพบว่า ในช่วงแรกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลมในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว ความเร็วรอบจะเพิ่มสูงขึ้นจากสภาวะคงตัว ค่อยๆ ค่อยๆ ปรับเข้าสู่สภาวะคงตัวอีกครั้ง ซึ่งระยะเวลาในการปรับจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลม กล่าวคือ เมื่อมีกระแสลมความเร็วสูงพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม กลไกจะใช้เวลาในการปรับมากกว่าเมื่อมีกระแสลมความเร็วต่ำพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม นอกจากนี้ความเร็วรอบสูงสุดของกังหันลมก่อนที่จะเริ่มถดถอยเข้าสู่สภาวะคงตัวมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมที่พัดเข้าปะทะกังหันลม กล่าวคือ ความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้เมื่อมีกระแสลมความเร็วสูงพัดเข้าปะทะกังหันลม จะมีค่าสูงกว่าความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้เมื่อมีกระแสลมความเร็วต่ำพัดเข้าปะทะกังหันลม ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 6.4

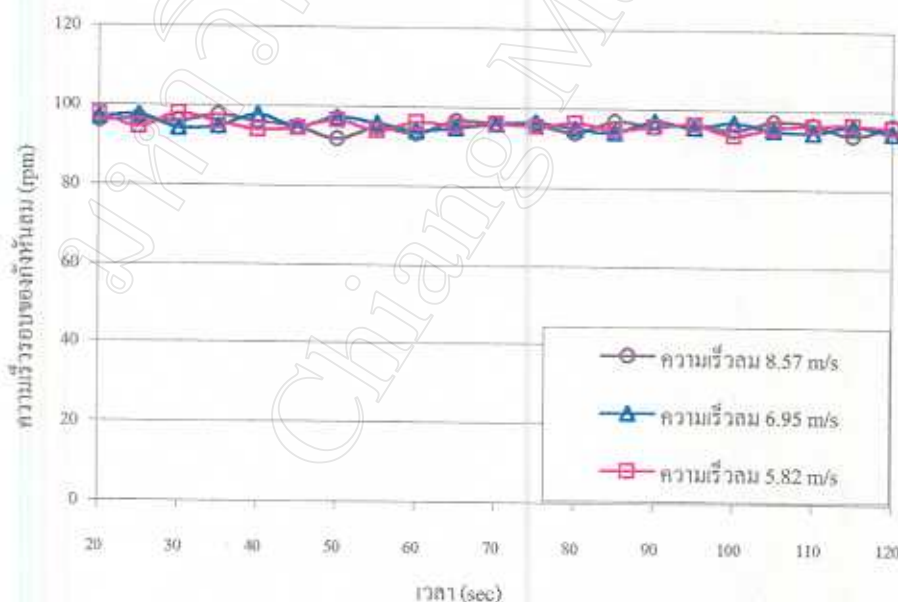


รูปที่ 6.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมเทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว

เมื่อกลไกทำการปรับความเร็วรอบ ให้เข้าสู่สภาวะคงตัวเรียบร้อยแล้ว ความเร็วรอบของกังหันลมจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จากการทดสอบในรูปที่ 6.1 และ 6.2 กล่าวคือ ความเร็วรอบของกังหันลมจะมีค่าไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงแคบๆ ตลอดเวลา และมีค่าต่ำกว่าค่าความเร็วรอบที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 6.6

ตาราง 6.4 แสดงผลการทดสอบการทำงานของกลไกเมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว

ความเร็วที่ทดสอบ (Hz)	ความเร็วลม (m/s)	เวลาที่กลไกใช้ปรับความเร็วรอบเข้าสู่สภาวะคงตัว (sec)	ความเร็วรอบสูงสุดที่วัดได้ (rpm)
30	8.57	15	185.3
25	6.95	12	128.3
20	5.82	10	101.8



รูปที่ 6.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของกังหันลมในสภาวะคงตัว เทียบกับเวลา เมื่อมีกระแสลมพัดกรรโชกเข้าปะทะกังหันลม ในขณะที่ความเร็วรอบของกังหันลมอยู่ในสภาวะคงตัว