

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

ผลจากการทดสอบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด (d_t) 0.10 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคูล (d_h) 0.04 cm มุมที่น้ำไหลเข้ากังหัน (α_1) 55.0 deg มุมที่น้ำไหลออกจากกังหัน (α_2) 90.0 deg มุมใบพัดที่ตำแหน่งทางเข้ากังหัน (β_1) 27.0 deg และมุมใบพัดที่ตำแหน่งทางออกกังหัน (β_2) 20.6 deg ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้ระบบหมุนวนน้ำและจำลองเสถียรธรรมชาติ ขึ้นมาจากปั้มน้ำ โดยในการทดสอบจะให้ไหลตลอดไปเป็นตัวแปรต้นของการทดสอบ เนื่องจากไหลเป็นตัวแปรที่สามารถปรับค่าและควบคุมได้ง่ายกว่าตัวแปรตัวอื่นๆ และเสถียรสูงเป็นตัวแปรควบคุม เนื่องจากการทำงานจริงของกังหันน้ำโดยทั่วไป จะทำงานที่เสถียรสูงคงที่ สามารถแยกผลการทดสอบได้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรสูงคงที่ 4 เมตร

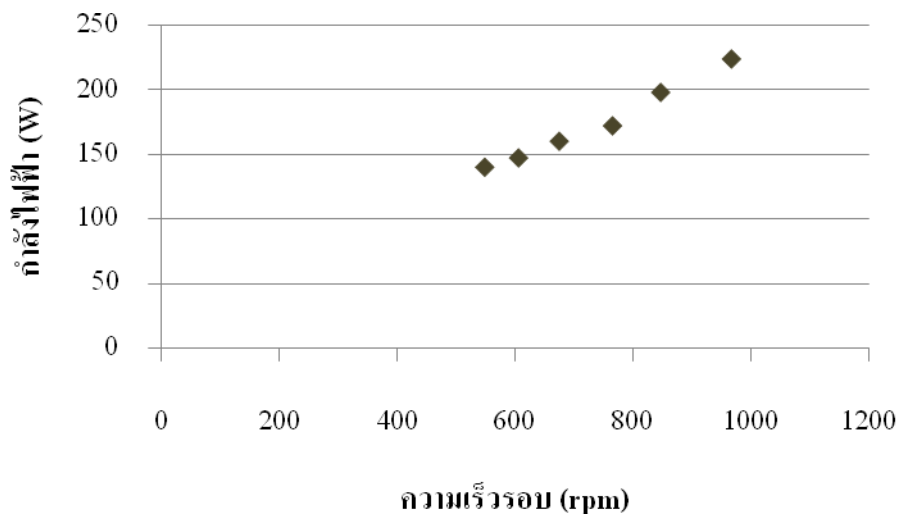
การทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรสูงคงที่ 4 เมตรนี้ จะทำการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตออกมาได้ และเพื่อหาประสิทธิภาพรวมของกังหันน้ำ ซึ่งผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรสูงคงที่ 4 เมตรได้แสดงดังตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อลดโหลดลงครั้งละ 20 W ความเร็วรอบของกังหันน้ำจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการลดโหลดลงนั้น ก็เปรียบเสมือนกับว่าลดภาระการต้านทานการหมุนของกังหันน้ำลงไปด้วย แต่ในการทดสอบนี้ไม่สามารถลดโหลดตลอดไปให้มีค่าน้อยกว่า 180 W ได้ เนื่องจากการลดโหลดต่ำกว่า 180 W จะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นเกินกว่า 290 V ซึ่งจะทำให้โหลดไฟขาดได้ และอีกสาเหตุหนึ่งก็คือถ้าลดโหลดต่ำกว่า 180 W พบว่าความดันก่อนเข้ากังหันน้ำจะมีค่าตกลงจาก 0.4 kg/cm^2 และไม่ว่าจะปิดวาล์ว By-pass ของปั้มน้ำทั้ง 3 ตัวแล้วก็ตาม ปั้มน้ำทั้ง 3 ตัวก็ไม่สามารถเพิ่มความดันก่อนเข้ากังหันน้ำให้มีค่าเท่ากับ 0.4 kg/cm^2 ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่สามารถจำลองเสถียรสูงให้คงที่ 4 เมตรได้อีก จึงเป็นข้อจำกัดของปั้มน้ำทั้ง 3 ตัวนี้ในการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรสูงคงที่ 4 เมตร

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรสูงคงที่ 4 เมตร

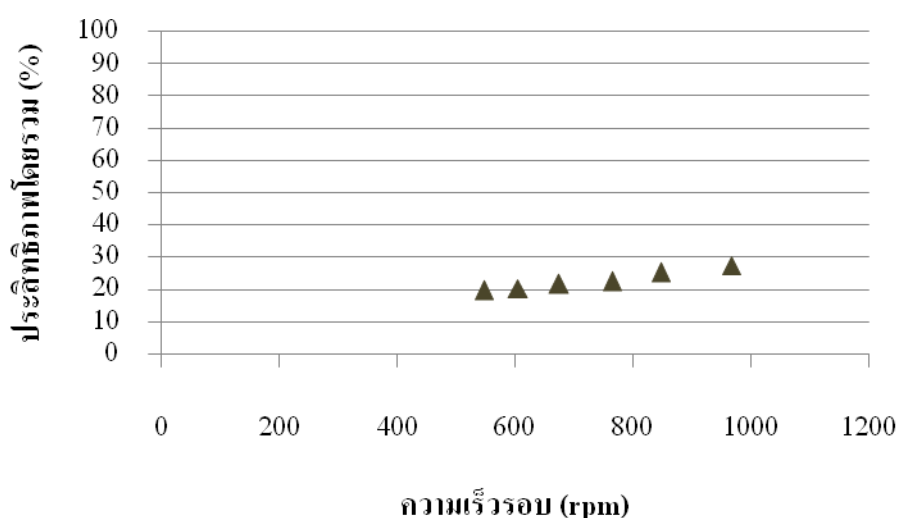
Load (W)	Q (l/min)	N (rpm)	V (V)	I (A)	P _i (W)	P _e (W)	η _o (%)
180	1250.00	967.70	278.69	0.81	817.22	224.65	27.49
200	1205.00	847.30	239.65	0.83	787.80	198.63	25.21
220	1169.00	765.20	200.03	0.86	764.26	172.60	22.58
240	1131.00	674.50	181.37	0.89	739.42	160.62	21.72
260	1115.50	605.15	160.53	0.92	729.29	147.63	20.24
280	1093.50	547.50	148.96	0.94	714.90	140.37	19.64

จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ พบว่าในการทดสอบนี้จะได้กราฟความสัมพันธ์นี้ออกมาเพียงบางส่วนเท่านั้น เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้โดยทั่วไปนั้น จะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ คือ ในช่วงแรกความเร็วรอบของกังหันน้ำและกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้นั้นจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มถึงจุดๆ หนึ่งแล้ว ซึ่งเป็นจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด จากนั้นในช่วงหลังกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้จะมีค่าลดลง ส่วนความเร็วรอบของกังหันน้ำจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สำหรับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ที่ได้จากการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรสูง 4 เมตรนี้ สามารถหากราฟความสัมพันธ์นี้ออกมาได้เพียงแค่ในช่วงแรกเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากหาต้องการทำการทดสอบให้ได้กราฟความสัมพันธ์ในส่วนที่เหลือจะต้องลดโหลดลงให้มีค่าต่ำกว่า 180 W ซึ่งถ้าลดโหลดให้มีค่าต่ำกว่า 180 แล้ว จะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเกิน 290 V จึงทำให้หลอดไฟขาดได้และความดันก่อนเข้ากังหันน้ำก็จะมีค่าตกลงจาก 0.4 kg/cm² จึงทำให้ไม่สามารถสร้างเสถียรสูงเท่ากับ 4 เมตรได้ ซึ่งในการทดสอบกังหันน้ำชุดนี้ พบว่ากำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้มีค่าสูงสุด คือ 224.65 W ที่ความเร็วรอบ 967.70 rpm



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่เสดความสูง 4 เมตร

จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำ พบว่าในการทดสอบนี้จะได้กราฟความสัมพันธ์ออกมาเพียงบางส่วน เช่นเดียวกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำโดยทั่วไปนั้น จะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ คือ ในช่วงแรกความเร็วรอบของกังหันน้ำและประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มถึงจุดๆ หนึ่งแล้ว ซึ่งเป็นจุดที่มีประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำสูงสุด จากนั้นในช่วงหลังประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำจะมีค่าลดลง ส่วนความเร็วรอบของกังหันน้ำจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สำหรับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำที่เสดความสูงคงที่ 4 เมตร สามารถหาออกมาได้เพียงแค่ในช่วงแรกเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถปรับโหลดให้มีค่าต่ำกว่า 180 W ได้ เพราะจะทำให้โหลดหลุดไฟขาดได้และปั้มน้ำทั้ง 3 ตัวไม่สามารถสร้างเสดความสูงได้ถึง 4 เมตร ซึ่งในการทดสอบกังหันน้ำชุดนี้ พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดของกังหันน้ำมีค่าเท่ากับ 27.49% ที่ความเร็วรอบ 967.70 rpm



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพโดยรวมที่เสถียรสูง 4 เมตร

จากการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรสูงคงที่ 4 เมตร พบว่าจะมีข้อจำกัดของการทดสอบ คือ โหลดต่ำสุดของการทดสอบจะถูกกำหนดไว้ที่ค่าๆ หนึ่ง (180 W สำหรับการทดสอบที่เสถียรสูงคงที่ 4 เมตร) ซึ่งไม่สามารถลดโหลดให้มีค่าต่ำกว่าค่านี้ได้อีก เนื่องจากจะทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเกิน 290 V ซึ่งจะส่งผลทำให้โหลดไฟขาดได้ และนอกจากนี้ความดันก่อนเข้ากังหันน้ำก็จะมีค่าลดลงด้วยและปั๊มน้ำทั้ง 3 ตัวก็ไม่สามารถสร้างเสถียรสูงเพิ่มขึ้นให้เท่ากับ 4 เมตรได้ จึงทำให้การทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรสูงคงที่ 4 เมตรนั้น ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ของกราฟทั้งสองออกมาได้อย่างสมบูรณ์ (กราฟความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์จะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ) ทางผู้วิจัยจึงหาแนวทางแก้ไข โดยจะทำการทดสอบเพิ่มเติม โดยจะลดระดับเสถียรสูงลง เพื่อที่จะทำการทดสอบให้ได้กราฟความสัมพันธ์ทั้งสองอย่างสมบูรณ์ ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรสูงคงที่ 3 เมตร

เนื่องจากการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรสูงคงที่ 4 เมตร ไม่สามารถทดสอบเพื่อหากราฟความสัมพันธ์ทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จึงได้ทำการทดสอบเพิ่ม โดยจะลดเสถียรสูงลงเหลือ 3 เมตร ซึ่งขั้นตอนทดสอบจะทำตามหัวข้อ 3.2.8.2 เช่นเดิม แต่จะเปลี่ยนค่าความดันก่อนเข้ากังหันน้ำให้คงที่ๆ 0.3 kg/cm² เนื่องจากเสถียรสูงลดลงเหลือ 3 เมตร และเปลี่ยนค่าโหลดสำหรับ

การทดสอบเป็น 100 W, 120 W, 140 W, 160 W, 180 W และ 200 W ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ยังคงทำเหมือนเดิม ซึ่งผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 3 เมตรได้แสดงดังตารางที่ 4.2

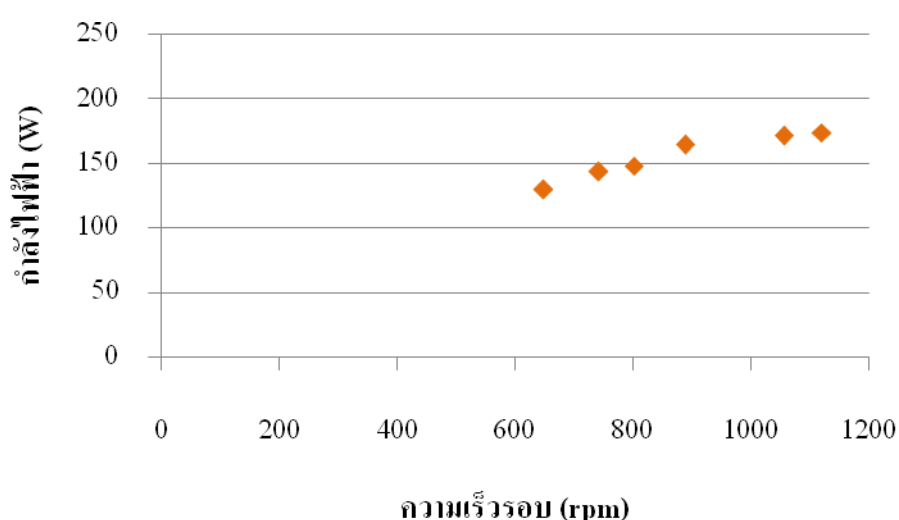
จากตารางที่ 4.2 ลักษณะของผลการทดสอบที่บันทึกได้นั้น มีลักษณะเช่นเดียวกับผลการทดสอบที่เสถียรความสูง 4 เมตร คือ ค่าโหลดต่ำสุดที่สามารถทำการทดสอบได้มีค่าเท่ากับ 100 W และเมื่อลดโหลดลงต่ำกว่านี้จะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเกิน 290 V ซึ่งจะทำให้หลอดไฟขาดได้ และยังพบอีกว่าเมื่อลดโหลดลงต่ำกว่า 100 W แล้วค่าความดันก่อนเข้ากังหันน้ำจะมีค่าตกลงจาก 0.3 kg/cm^2 ซึ่งปั้มน้ำทั้ง 3 ตัวไม่สามารถสร้างความดันเพิ่มให้มีค่าเท่ากับ 0.3 kg/cm^2 ได้อีก เนื่องจากขีดจำกัดความสามารถของปั้มน้ำ ดังนั้น จึงส่งผลให้การทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 3 เมตรนั้น จะได้ผลการทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 4 เมตร

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 3 เมตร

Load (W)	Q (l/min)	N (rpm)	V (V)	I (A)	P _i (W)	P _E (W)	η_o (%)
100	1226.00	1121.00	290.05	0.60	601.15	174.25	28.99
120	1214.00	1057.00	268.08	0.64	595.26	171.34	28.78
140	1174.00	889.40	234.01	0.70	575.65	164.53	28.58
160	1162.80	801.90	196.79	0.75	570.16	148.42	26.03
180	1132.00	742.30	181.53	0.79	555.06	143.87	25.92
200	1108.00	648.30	156.01	0.83	543.29	129.62	23.86

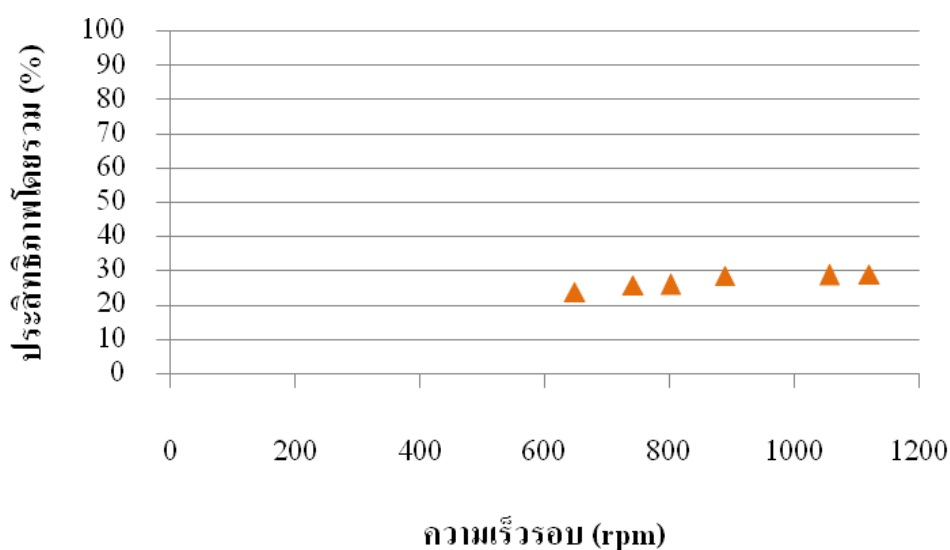
จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ พบว่าในการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 3 เมตรนี้จะได้กราฟความสัมพันธ์นี้ออกมาเพียงบางส่วนเช่นเดียวกับการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 4 เมตร

คือ สามารถหากราฟความสัมพันธ์ออกมาได้เพียงแค่ในช่วงแรกเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากหากต้องการทำการทดสอบให้ได้กราฟความสัมพันธ์ในส่วนที่เหลือจะต้องลดโหลดลงให้มีค่าต่ำกว่า 100 W ซึ่งถ้าหากโหลดมีค่าต่ำกว่า 100 W แล้ว จะส่งผลทำให้หลอดไฟขาดและปั้มน้ำก็ไม่สามารถที่จะสร้างเสถียรภาพสูง 3 เมตรได้อีก ซึ่งในการทดสอบกักน้ำที่เสถียรภาพสูงคงที่ 3 เมตร พบว่ากำลังไฟฟ้าที่กักน้ำสามารถผลิตได้มีค่าสูงสุด คือ 174.25 W ที่ความเร็วรอบ 1,121 rpm



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่เสถียรภาพสูง 3 เมตร

จากรูปที่ 4.4 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกักน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกักน้ำ พบว่าในการทดสอบกักน้ำที่เสถียรภาพสูงคงที่ 3 เมตรนี้จะได้กราฟความสัมพันธ์นี้ออกมาเพียงบางส่วนเช่นกัน โดยจะได้ออกมาเพียงแค่ส่วนหนึ่งของช่วงแรกเท่านั้น (มีลักษณะคล้ายกับการทดสอบกักน้ำที่เสถียรภาพสูงคงที่ 4 เมตร) และพบว่าการทดสอบกักน้ำที่เสถียรภาพสูง 3 เมตร ของชุดทดสอบนี้ มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุดของกักน้ำ คือ 28.99% ที่ความเร็วรอบ 1,121 rpm



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพโดยรวมที่เสถียรความสูง 3 เมตร

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีการลดเสถียรความสูงในการทดสอบลงมาจาก 4 เมตร เป็น 3 เมตร แล้ว ก็ยังพบว่าชุดทดสอบชุดนี้ยังไม่สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ทั้งสองที่สมบูรณ์ออกมาได้ ดังนั้น จึงได้ทำการลดเสถียรความสูงในการทดสอบลงอีก ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.3 ผลการทดสอบกักหน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร

สำหรับการทดสอบกักหน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร นั้น จะมีขั้นตอนการทดสอบ เช่นเดิมตามหัวข้อ 3.2.8.2 เพียงแต่เปลี่ยนค่าความดันก่อนเข้ากักหน้ำ โดยควบคุมให้มีค่าคงที่ เท่ากับ 0.2 kg/cm^2 เนื่องจากเสถียรความสูงลดลงเหลือ 2 เมตร และเปลี่ยนค่าโหลดสำหรับการ ทดสอบเป็น 60 W, 80 W, 100 W, 120 W, 140 W และ 160 W ส่วนขั้นตอนที่เหลือยังคงทำ เหมือนเดิม ซึ่งผลการทดสอบกักหน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 ซึ่งแสดงผลการทดสอบกักหน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร พบว่าโหลดต่ำสุด ที่สามารถทำการทดสอบได้มีค่าเท่ากับ 60 W หากลดโหลดให้มีค่าต่ำกว่านี้ จะส่งผลให้ แรงดันไฟฟ้ามีค่าเกิน 290 V ซึ่งจะทำให้หลอดไฟขาดได้ และเมื่อลดโหลดให้มีค่าต่ำกว่า 60 W ยัง พบอีกว่าค่าความดันก่อนเข้ากักหน้ำจะไม่สามารถควบคุมให้มีค่าเท่ากับ 0.2 kg/cm^2 ได้

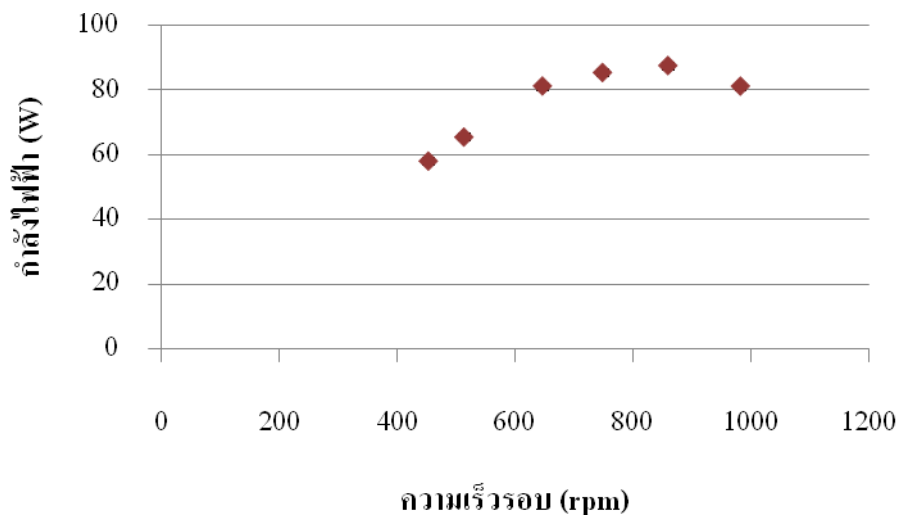
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร

Load (W)	Q (l/min)	N (rpm)	V (V)	I (A)	P _i (W)	P _e (W)	η _o (%)
60	1019.00	983.40	286.22	0.28	333.10	81.19	24.37
80	997.00	860.45	246.95	0.35	325.91	87.56	26.86
100	964.00	749.15	206.47	0.41	315.12	85.41	27.10
120	940.00	647.30	176.22	0.46	307.28	81.22	26.43
140	917.00	513.90	138.38	0.47	299.76	65.42	21.82
160	902.50	453.55	116.82	0.50	295.02	57.98	19.65

จากรูปที่ 4.5 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ พบว่าในการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 3 เมตร ผลการทดสอบจะให้กราฟความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ คือ กราฟจะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ โดยในช่วงแรกนั้นความเร็วรอบของกังหันน้ำและกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้นั้นจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มถึงจุดๆ หนึ่งแล้ว ซึ่งเป็นจุดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด จากนั้นในช่วงหลังกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้จะมีค่าลดลง ส่วนความเร็วรอบของกังหันน้ำจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น แสดงว่าการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตรนั้นสามารถทดสอบจนได้กราฟความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ออกมา โดยกำลังไฟฟ้าที่กังหันนั้นผลิตได้สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 87.56 W ที่ความเร็วรอบ 860.45 rpm

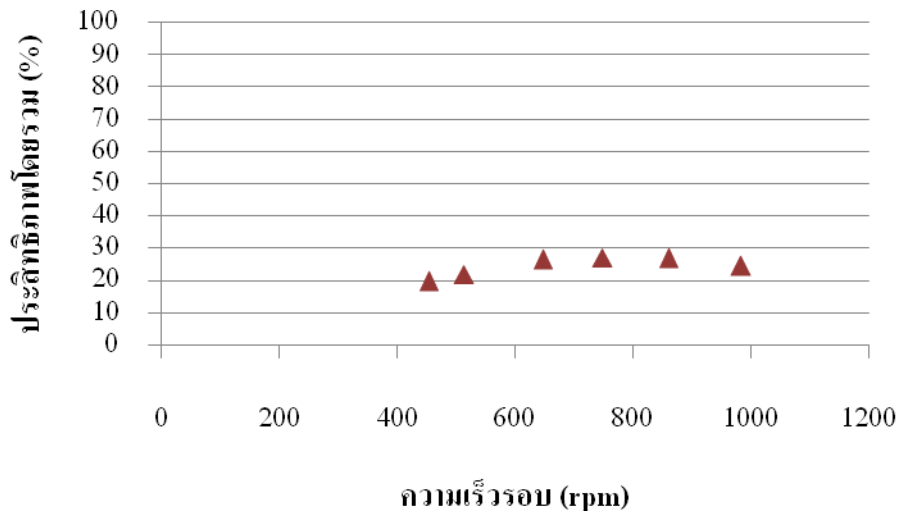
จากรูปที่ 4.6 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำ พบว่าจากการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร ลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำเช่นเดียวกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของกราฟประสิทธิภาพของกังหันน้ำโดยทั่วไป โดยในช่วงแรกเมื่อความเร็วรอบมีค่าเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพโดยรวมก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ตาม แต่เมื่อประสิทธิภาพของกังหันน้ำเพิ่มขึ้นถึงค่าๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด หลังจากนั้นประสิทธิภาพของกังหันน้ำก็จะมีค่าลดลง ส่วนความเร็วรอบของกังหันน้ำก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น แสดงว่าการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร สามารถหาผลการทดสอบ ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำที่สมบูรณ์ออกมาได้ โดยมีประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 27.10% ที่ความเร็วรอบ 749.15 rpm



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่เสถียรความสูง 2 เมตร

การทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 2 เมตรนั้นสามารถหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น แสดงว่าชุดทดสอบกังหันน้ำชุดนี้จะสามารถทดสอบและหากราฟความสัมพันธ์ทั้งสองที่สมบูรณ์ออกมาได้ เมื่อควบคุมเสถียรความสูงไม่เกิน 2 เมตร เพราะฉะนั้นจะทำการทดสอบกังหันน้ำเพิ่มเติมที่ระดับเสถียรความสูงคงที่ 1.5 และ 1 เมตร ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพโดยรวมที่เสถียรความสูง 2 เมตร

4.4 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร

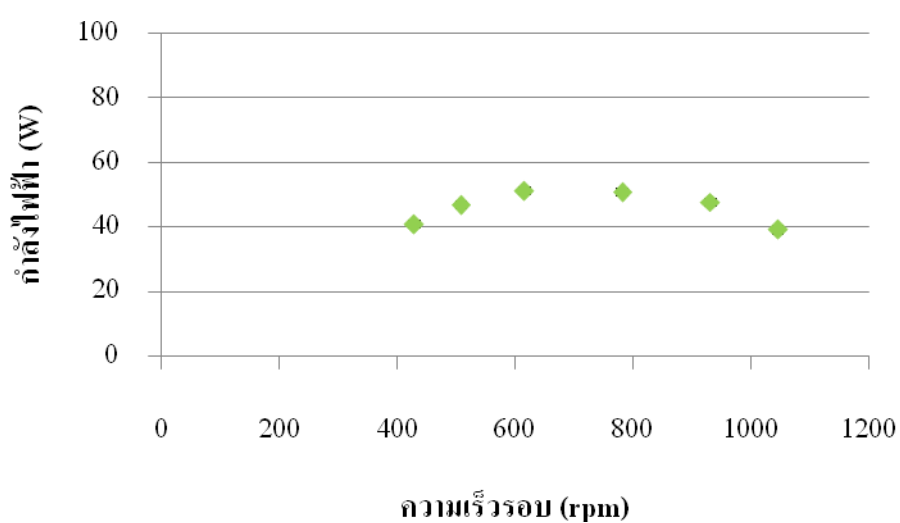
สำหรับการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร นั้น จะมีขั้นตอนการทดสอบ เช่นเดิมตามหัวข้อที่ 3.2.8.2 แต่จะเปลี่ยนค่าความดันก่อนเข้ากังหันน้ำให้มีค่าเท่ากับ $0.15 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ และเปลี่ยนค่าโหลดสำหรับการทดสอบเป็น 25 W, 40 W, 60 W, 80 W, 100 W และ 120 W ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ยังคงเหมือนเดิม ซึ่งผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร ได้แสดงดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงผลการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร พบว่าค่าโหลดต่ำสุดสำหรับการทดสอบนี้อยู่ที่ 25 W เนื่องจากไม่สามารถลดโหลดให้มีค่าต่ำกว่านี้ได้ เพราะจะทำให้หลอดไฟขาดและความดันก่อนเข้ากังหันน้ำจะไม่สามารถควบคุมให้มีค่า $0.15 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ ได้

จากรูปที่ 4.7 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ พบว่าจากการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร ผลการทดสอบจะให้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ที่สมบูรณ์ออกมาคล้ายกับการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร คือ กราฟจะมีลักษณะคล้ายรูปประฆังคว่ำ และสำหรับการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร จะให้กำลังไฟฟ้าที่กังหันนั้นผลิตได้สูงที่สุดเท่ากับ 51.09 W ที่ความเร็วรอบ 616.15 rpm

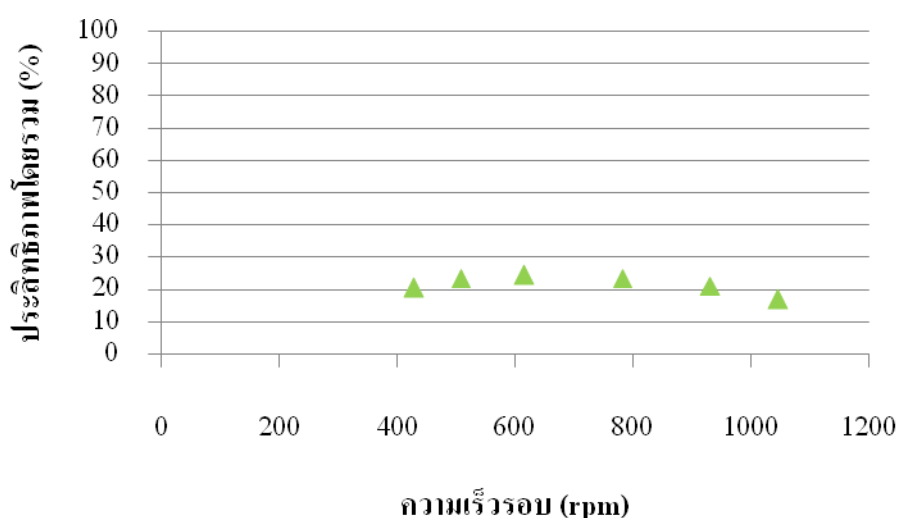
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร

Load (W)	Q (l/min)	N (rpm)	V (V)	I (A)	P _i (W)	P _E (W)	η _o (%)
25	939.50	1046.50	286.97	0.14	230.33	39.08	16.97
40	926.00	931.95	257.04	0.19	227.02	47.74	21.03
60	886.00	781.90	205.17	0.25	217.22	50.80	23.39
80	851.50	616.15	165.06	0.31	208.76	51.09	24.47
100	812.00	508.30	135.14	0.35	199.08	46.85	23.53
120	809.50	428.85	109.73	0.37	198.46	40.76	20.54



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่เสถียรความสูง 1.5 เมตร

จากรูปที่ 4.8 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำ พบว่าจากการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 1.5 เมตร จะได้กราฟผลการทดสอบ มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำเหมือนกับการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 2 เมตร โดยมีประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 24.47% ที่ความเร็วรอบ 616.15 rpm



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพโดยรวมที่เสดความสูง 1.5 เมตร

การทดสอบกั้นน้ำที่เสดความสูงคงที่ 1.5 เมตร จะสามารถทำการทดสอบเพื่อหากราฟความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ทั้งสองออกมาได้เช่นเดียวกับการทดสอบกั้นน้ำที่เสดความสูงคงที่ 2 เมตร และนอกจากนี้ จะทำการทดสอบกั้นน้ำเพิ่มเติมอีกที่เสดความสูงคงที่ 1 เมตร ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.5 ผลการทดสอบกั้นน้ำที่ควบคุมเสดความสูงคงที่ 1 เมตร

สำหรับการทดสอบกั้นน้ำที่ควบคุมเสดความสูงคงที่ 1 เมตร นั้น ก็จะมีขั้นตอนการทดสอบเหมือนกับการทดสอบที่เสดความสูงอื่นๆ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันก่อนเข้ากั้นน้ำให้มีค่าคงที่เท่ากับ 0.1 kg/cm^2 และเปลี่ยนค่าโหลดสำหรับการทดสอบเป็น 15 W, 25 W, 40 W, 60 W, 80 W และ 100 W ส่วนขั้นตอนอื่นๆ จะยังคงมีขั้นตอนการทดสอบเช่นเดิม ซึ่งผลการทดสอบกั้นน้ำที่ควบคุมเสดความสูงคงที่ 1 เมตร ได้แสดงดังตารางที่ 4.5

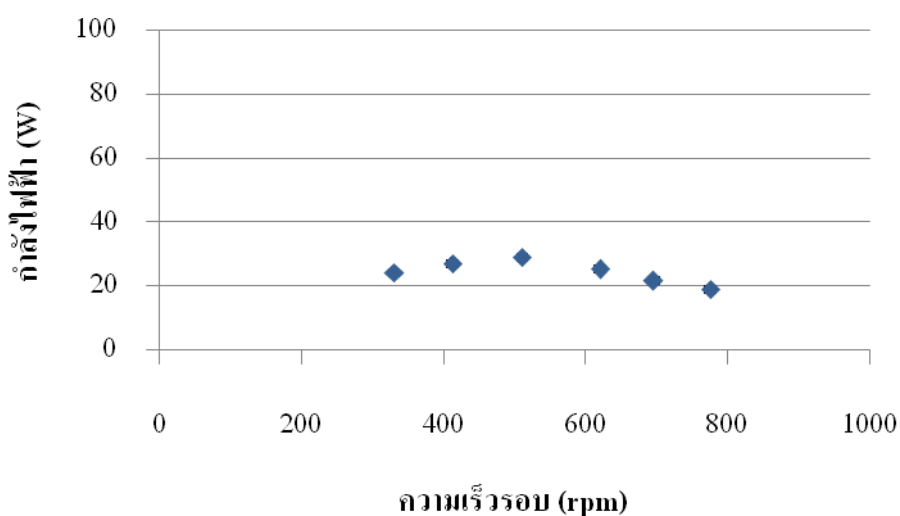
จากตารางที่ 4.5 พบว่าไม่สามารถลดโหลดหลอดไฟให้มีค่าน้อยกว่า 15 W ได้ เนื่องจากหลอดไฟที่มีขายตามท้องตลาดมีขนาดเล็กที่สุดคือ 15 W ดังนั้น ในการทดสอบกั้นน้ำที่เสดความสูง 1 เมตรจึงทำการทดสอบโดยมีโหลดหลอดไฟต่ำสุดเท่ากับ 15 W

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบกังหันน้ำที่ควบคุมเสถียรความสูงคงที่ 1 เมตร

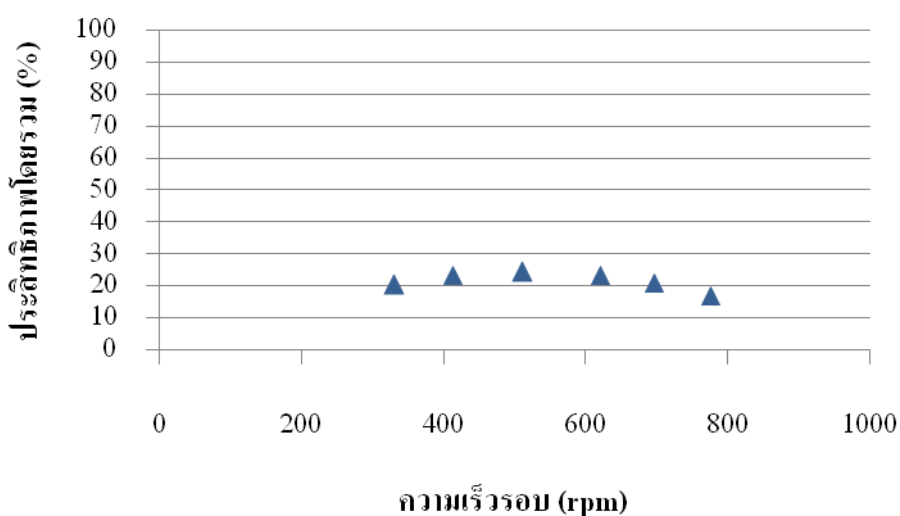
Load (W)	Q (l/min)	N (rpm)	V (V)	I (A)	P _i (W)	P _e (W)	η_o (%)
15	826.00	775.85	230.45	0.08	135.00	19.07	14.13
25	800.00	695.85	203.72	0.11	130.76	21.67	16.57
40	784.00	620.35	178.75	0.14	128.14	25.35	19.78
60	749.00	510.50	144.65	0.20	122.42	29.07	23.74
80	729.00	412.40	114.73	0.24	119.15	27.12	22.76
100	702.50	330.30	89.43	0.27	114.82	24.31	21.17

จากรูปที่ 4.9 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับกำลังไฟฟ้าที่กังหันน้ำสามารถผลิตได้ของกังหันน้ำที่ทำการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 1 เมตร ซึ่งลักษณะกราฟความสัมพันธ์ที่ได้ออกมาจะมีลักษณะเหมือนกับกราฟความสัมพันธ์ที่ทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 2 และ 1.5 เมตร คือจะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ ซึ่งเป็นรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ที่สมบูรณ์ โดยการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 1 เมตรนี้จะมีกำลังไฟฟ้าที่กังหันนั้นผลิตได้สูงที่สุดเท่ากับ 29.07 W ที่ความเร็วรอบ 510.50 rpm

จากรูปที่ 4.10 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำ พบว่าผลการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 1 เมตร ลักษณะของกราฟความสัมพันธ์จะมีลักษณะเดียวกันกับการทดสอบที่เสถียรความสูงคงที่ 2 และ 1.5 เมตร โดยมีลักษณะเป็นรูปประฆัง ซึ่งเป็นลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของกังหันน้ำกับประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำโดยทั่วไป และสำหรับการทดสอบกังหันน้ำที่เสถียรความสูงคงที่ 1 เมตรนี้มีประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 23.74% ที่ความเร็วรอบ 510.50 rpm



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าที่เฮดความสูง 1 เมตร



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพโดยรวมที่เฮดความสูง 1 เมตร

ผลการทดสอบกังหันน้ำที่เฮดความสูงคงที่ 1 เมตร สามารถทดสอบหากราฟความสัมพันธ์ทั้งสองออกมาได้อย่างสมบูรณ์เหมือนกับการทดสอบที่เฮดความสูงคงที่ 2 และ 1.5 เมตร ซึ่งลักษณะของกราฟความสัมพันธ์จะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10

4.6 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

จากผลการทดสอบที่ได้อภิปรายไปก่อนหน้านี้ พบว่าการทดสอบกังหันน้ำที่ให้กราฟผลการทดสอบที่สมบูรณ์มีเพียงการทดสอบที่เสถียรความสูง 1, 1.5 และ 2 เมตร เท่านั้น ดังนั้น ในการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการคำนวณทางทฤษฎีจะทำเปรียบเทียบเฉพาะที่ค่าเสถียรความสูง 3 ค่านี้เท่านั้น

สำหรับประสิทธิภาพที่ได้มาจากการทดสอบเป็นประสิทธิภาพโดยรวมของกังหันน้ำ แต่ประสิทธิภาพที่ได้มาจากการคำนวณทางทฤษฎีเป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิก ซึ่งในการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการคำนวณทางทฤษฎีจะต้องเปรียบเทียบด้วยประสิทธิภาพตัวเดียวกัน ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนประสิทธิภาพโดยรวมของการทดสอบให้เป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิกจากการทดสอบ ซึ่งประสิทธิภาพไฮดรอลิกจากการทดสอบจะสามารถหาได้จากสัดส่วนระหว่างประสิทธิภาพโดยรวมกับประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังสมการที่ (4.1) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 50% ซึ่งผลการคำนวณหาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6

$$\eta_h = \frac{\eta_o}{\eta_g} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบ

เสถียรความสูง								
1 เมตร			1.5 เมตร			2 เมตร		
N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)	N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)	N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)
775.85	14.13	28.26	1046.50	16.97	33.94	983.40	24.37	48.74
695.85	16.57	33.14	931.95	21.03	42.06	860.45	26.86	53.72
620.35	19.78	39.56	781.90	23.39	46.78	749.15	27.10	54.20
510.50	23.74	47.48	616.15	24.47	48.94	647.30	26.43	52.86

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบ

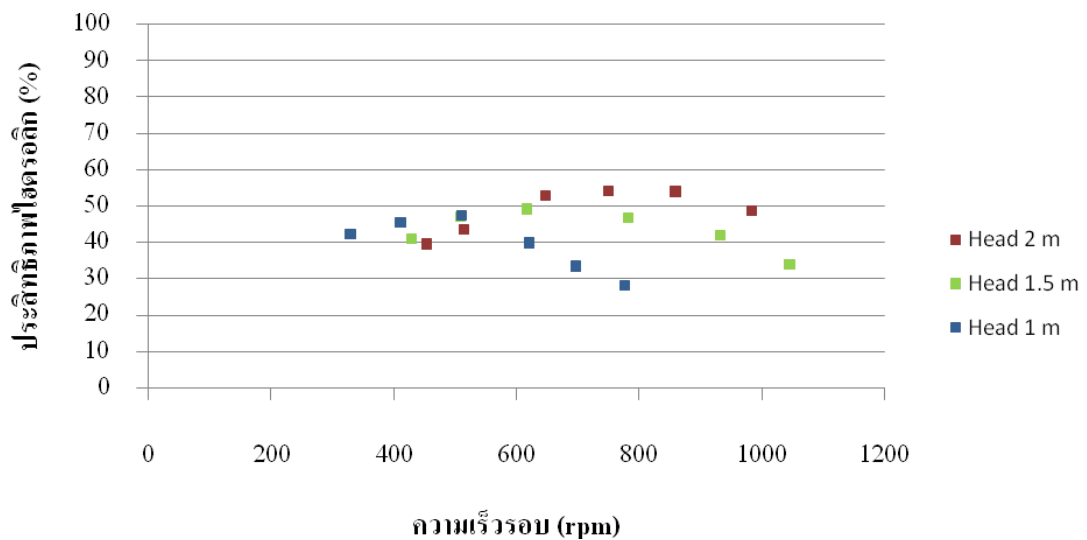
เสดความสูง								
1 เมตร			1.5 เมตร			2 เมตร		
N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)	N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)	N (rpm)	η_o (%)	η_h (%)
412.40	22.76	45.52	508.30	23.53	47.06	513.90	21.82	43.64
330.30	21.17	42.34	428.85	20.54	41.08	453.55	19.65	39.30

และรูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบที่เสดความสูง 1, 1.5 และ 2 เมตร ซึ่งจากกราฟความสัมพันธ์นี้ พบว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำที่เสดความสูงต่างๆ มีค่าดังนี้

- ที่เสดความสูง 1 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดคือ 47.48% ที่ความเร็วรอบ 510.50 rpm
- ที่เสดความสูง 1.5 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดคือ 48.94% ที่ความเร็วรอบ 616.15 rpm
- ที่เสดความสูง 2 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดคือ 54.20% ที่ความเร็วรอบ 749.15 rpm

ส่วนผลการทดสอบกังหันน้ำที่เสดความสูง 3 และ 4 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำที่ได้จากการทดสอบเป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุด แต่ไม่ใช่ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดเนื่องจากขีดจำกัดความสามารถในการสร้างเสดจำลองของปั้มน้ำที่นำมาใช้ในการทดสอบนี้ ซึ่งประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของการทดสอบกังหันน้ำที่เสดความสูง 3 และ 4 เมตร มีค่าเท่ากับ 57.98% และ 54.98% ตามลำดับ โดยมีค่าใกล้เคียงกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของการ

ทดสอบกังหันน้ำที่เสดความสูง 1, 1.5 และ 2 เมตร อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าหากมีการเพิ่มปั้มน้ำที่ใช้ในการทดสอบแล้วประสิทธิภาพไฮดรอลิกน่าจะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบ

สำหรับการคำนวณหาประสิทธิภาพของกังหันน้ำทางทฤษฎีได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.2.2.6 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานที่ไม่มีโหลด และมีการสูญเสียเนื่องจาก Incidence loss การสูญเสียเนื่องจาก Profile loss และการสูญเสียเนื่องจากน้ำที่ไหลออกจากกังหันน้ำ ซึ่งค่าของการสูญเสียเหล่านี้สามารถหาได้จากสมการที่ (2.48), (2.57) และ (2.74) ตามลำดับ

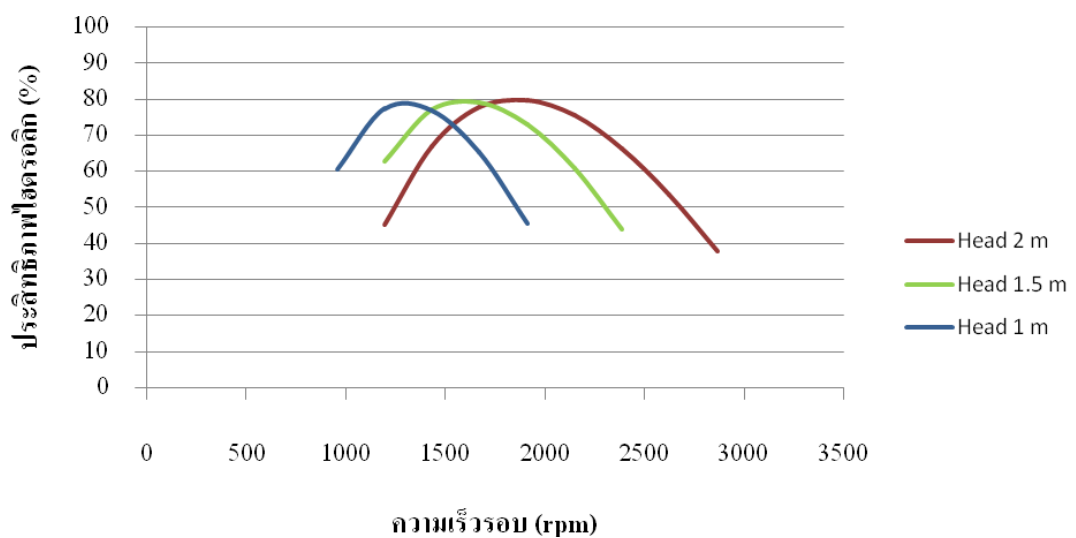
จากนั้นจะนำค่าของการสูญเสียเหล่านี้ไปคำนวณหา แรงบิด กำลังทางกล และประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีได้จากสมการที่ (2.75), (2.4) และ (2.17) ตามลำดับ ซึ่งผลการคำนวณสามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่เสดความสูง 1 เมตร มีการสูญเสียเนื่องจาก Incidence loss เท่ากับ 3.88 W การสูญเสียเนื่องจาก Profile loss เท่ากับ 4.14 W การสูญเสียเนื่องจากน้ำที่ไหลออกจากกังหันน้ำเท่ากับ 2.05 W และมีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงที่สุดทางทฤษฎีเท่ากับ 77.52% ที่ความเร็วรอบ 1,193 rpm

- ที่เสดความสูง 1.5 เมตร มีการสูญเสียเนื่องจาก Incidence loss เท่ากับ 2.07 W การสูญเสียเนื่องจาก Profile loss เท่ากับ 13.20 W การสูญเสียเนื่องจากน้ำที่ไหลออกจากกังหันน้ำเท่ากับ 8.40 W และมีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดทางทฤษฎีเท่ากับ 79.28% ที่ความเร็วรอบ 1,671 rpm

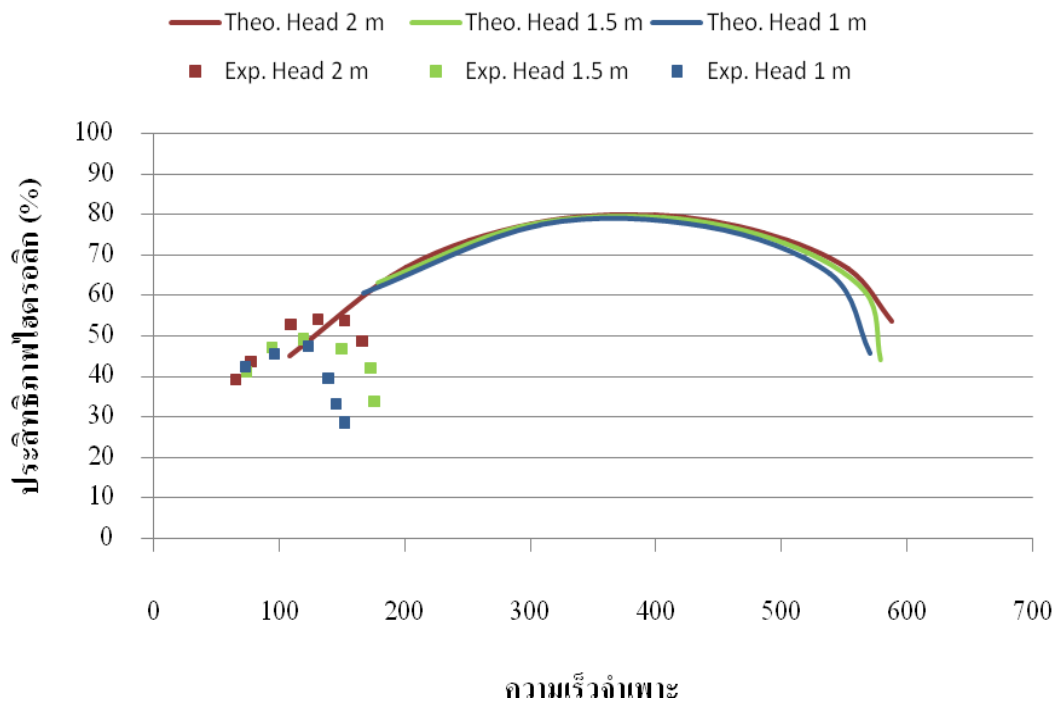
- ที่เสดความสูง 2 เมตร มีการสูญเสียเนื่องจาก Incidence loss เท่ากับ 3.76 W การสูญเสียเนื่องจาก Profile loss เท่ากับ 18.71 W การสูญเสียเนื่องจากน้ำที่ไหลออกจากกังหันน้ำเท่ากับ 12.15 W และมีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดทางทฤษฎีเท่ากับ 79.91% ที่ความเร็วรอบ 1,909 rpm

และรูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีที่เสดความสูงคงที่ 1, 1.5 และ 2 เมตร



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎี

หลังจากสามารถหาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบและประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีได้แล้ว จะนำประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทั้ง 2 กลุ่ม มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งการเปรียบเทียบกันระหว่างประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทั้ง 2 กลุ่มนี้ จะเปรียบเทียบกันด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจำเพาะกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีกับ
ประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบ

จากรูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีที่ระดับเสดความสูงต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่เสดความสูง 1 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 79.42% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 370 และประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำจากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 47.48% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 123 ซึ่งประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีจะมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบอยู่ 31.94%
- ที่เสดความสูง 1.5 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 79.52% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 380 และประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำจาก

การทดสอบมีค่าเท่ากับ 48.94% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 119 ซึ่งประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีจะมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบอยู่ 30.58%

- ที่เสดความสูง 2 เมตร ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 80.04% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 380 และประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำจากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 54.21% ที่ความเร็วจำเพาะเท่ากับ 130 ซึ่งประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีจะมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบอยู่ 25.83%

สำหรับสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่ทำให้ประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากการทดสอบ คือ ในการคำนวณหาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทางทฤษฎีไม่ได้คิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของระบบส่งถ่ายกำลัง การสูญเสียเนื่องจากลูกปืน การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของซีลกันรั่ว และการสูญเสียเนื่องจากการหมุนต้านลมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Windage loss) แต่ในการทดสอบนั้นมีการสูญเสียเหล่านี้รวมอยู่ด้วย ดังนั้นจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดของกังหันน้ำจากการทดสอบอยู่ประมาณ 25 – 31% ซึ่งสอดคล้องกับกังหันน้ำโดยทั่วไปที่จะมีการสูญเสียเหล่านี้อยู่ที่ประมาณ 20 % (El-Wakil M.M., 1984)

ส่วนค่าของความเร็วจำเพาะที่แตกต่างกันระหว่างผลการคำนวณทางทฤษฎีและผลการทดสอบ โดยผลการคำนวณทางทฤษฎีมีค่าของความเร็วจำเพาะที่จุดประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดอยู่ในช่วง 370 - 380 ส่วนผลการทดสอบมีค่าของความเร็วจำเพาะที่จุดประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดอยู่ในช่วง 118 - 130 ซึ่งความแตกต่างของค่าความเร็วจำเพาะที่เกิดขึ้นนี้ เมื่อเราพิจารณาสมการการหาความเร็วเฉพาะสมการที่ (2.22) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบที่เสดความสูงเท่ากันแล้ว ตัวแปรที่จะมีผลต่อค่าของความเร็วจำเพาะ คือ ความเร็วรอบ

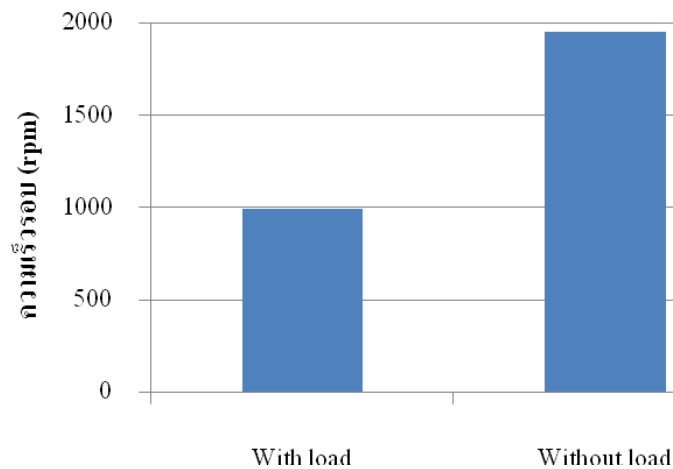
ซึ่งเมื่อพิจารณาสมการที่ (2.22) แล้วจะพบว่า ความเร็วจำเพาะจะแปรผันตรงกับความเร็วรอบ และเมื่อพิจารณาความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎีที่จุดประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุด ในรูปที่ 4.11 และ 4.12 พบว่า

- ที่เสดความสูง 1 เมตร ความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 510 rpm และความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 1,193 rpm ซึ่งความเร็วรอบของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าการทดสอบอยู่ 683 rpm

- ที่เสดความสูง 1.5 เมตร ความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 616 rpm และความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 1,671 rpm ซึ่งความเร็วรอบของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าการทดสอบอยู่ 1,055 rpm

- ที่เสดความสูง 2 เมตร ความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 749 rpm และความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 1,909 rpm ซึ่งความเร็วรอบของกังหันน้ำทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าการทดสอบอยู่ 1,160 rpm

สำหรับสาเหตุที่ความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบ คือ ในการคำนวณทางทฤษฎีนั้น คำนวณภายใต้สมมติฐานที่ไม่มีไหล ดังนั้น เมื่อไม่มีไหลซึ่งเป็นภาระที่ต้านทานการหมุน จึงทำให้การคำนวณภายใต้สมมติฐานนี้กังหันน้ำจึงมีความเร็วรอบที่สูง และแรงบิดต่ำ ส่วนในการทดสอบนั้น เป็นการทดสอบในสภาวะที่มีไหลจริงทำงานร่วมอยู่ ดังนั้น เมื่อมีไหลซึ่งเป็นภาระที่ต้านทานการหมุน จึงทำให้ความเร็วรอบของกังหันน้ำมีค่าต่ำ และแรงบิดมีค่าสูง ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกังหันน้ำที่สภาวะมีไหลและไม่มีไหลเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบว่าความเร็วรอบที่แตกต่างกันเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้กล่าวไว้จริง โดยทำการทดสอบที่เสดความสูง 1.8 เมตร และอัตราการไหล $0.017 \text{ m}^3/\text{s}$ เท่ากัน พบว่า กังหันน้ำจะมีความเร็วรอบเท่ากับ 995 rpm ที่สภาวะมีไหล 65 W ส่วนการทดสอบที่ไม่มีไหลกังหันน้ำจะมีความเร็วรอบเท่ากับ 1,955 rpm ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ซึ่งผลการทดสอบนี้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ได้กล่าวไว้ในก่อนหน้านี้ คือ กังหันน้ำที่ทำงานในสภาวะเดียวกัน กังหันน้ำที่มีไหลจะมีความเร็วรอบที่ต่ำกว่ากังหันน้ำที่ไม่มีไหล ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาจึงส่งผลทำให้ความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าความเร็วรอบของกังหันน้ำจากการทดสอบอยู่ประมาณ 683 – 1,160 rpm ดังนั้น จึงส่งผลให้ความเร็วจำเพาะของกังหันน้ำจากการคำนวณทางทฤษฎีมีค่าสูงกว่าความเร็วจำเพาะของกังหันน้ำจากการทดสอบด้วย



รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบกังหันน้ำสถานะที่มีโหลดและไม่มีโหลด
ที่อัตราการไหล $0.017 \text{ m}^3/\text{s}$ และเสดความสูง 1.8 m

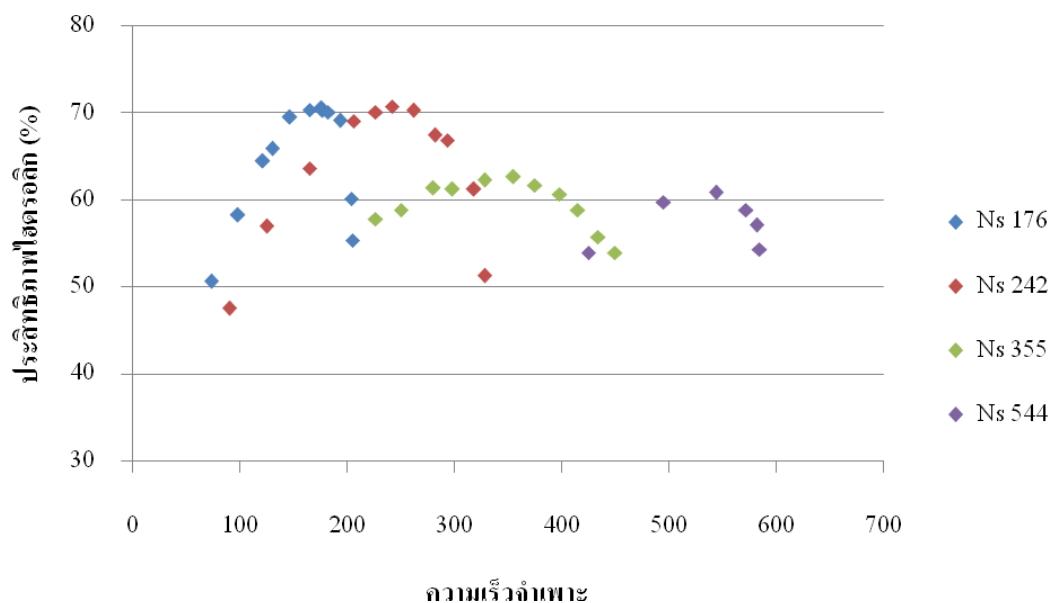
4.7 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับงานวิจัยอื่นๆ

บริษัท Asian Phoenix Resources จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่จำหน่ายกังหันน้ำชนิด Propeller ขนาด 200 – 1,000 W ในประเทศเวียดนาม ซึ่งสามารถผลิตกังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดได้ อยู่ในช่วง 35 – 50% (Singh and Nestmann, 2009) และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำในงานวิจัยนี้ซึ่งมีค่าประมาณ 47 – 54% ถือว่ามีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ Alexander et al. (2009) ได้ทำการออกแบบกังหันน้ำชนิด Propeller ทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งกังหันน้ำแต่ละแบบจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจำเพาะกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำทั้ง 4 แบบ แต่ประสิทธิภาพไฮดรอลิกที่แสดงในกราฟนี้ เป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิกที่ไม่รวมการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของระบบส่งถ่ายกำลัง การสูญเสียเนื่องจากลูกปืน การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของซิลกันร้ว การสูญเสียเนื่องจากการหมุนด้านลมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ซึ่งการสูญเสียเหล่านี้มีค่าประมาณ 12 %) ส่วนประสิทธิภาพไฮดรอลิกจากการทดสอบของงานวิจัยนี้ ได้รวมการสูญเสียเหล่านี้ไว้ด้วย ดังนั้น การทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำในงานวิจัยนี้กับกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) จะต้องทำให้เป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิกที่มีเงื่อนไขเดียวกันก่อน โดยจะทำ

การเปลี่ยนประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) ให้มีเงื่อนไขเดียวกันกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำในงานวิจัยนี้ โดยการนำเอาประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำที่ไม่รวมการสูญเสียไปคูณกับประสิทธิภาพของการสูญเสียทั้งหมด แล้วจะได้ประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) ที่รวมการสูญเสียทั้งหมดออกมาดังแสดงในรูปที่ 4.15

จากนั้นจะเลือกกังหันน้ำของงานวิจัยนี้ที่มีความเร็วจำเพาะเท่ากับ 130 ทำงานที่เสดความสูง 2 เมตร มาเปรียบเทียบกับกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) แบบที่มีความเร็วจำเพาะเท่ากับ 544 ทำงานที่เสดความสูง 3.39 เมตร มาเปรียบเทียบกับกัน เนื่องจากมีค่าเสดความสูงที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งข้อมูลของกังหันน้ำที่จะนำมาเปรียบเทียบกับกันได้แสดงในตารางที่ 4.7

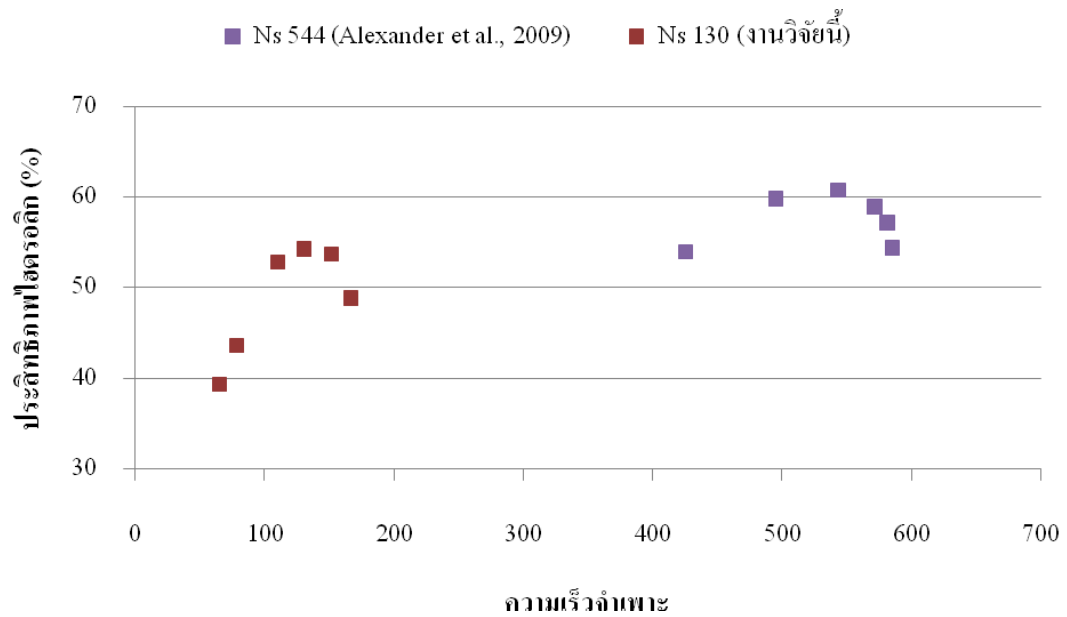


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจำเพาะกับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009)

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) และกังหันน้ำของงานวิจัยนี้

ตัวแปร	ค่า	
	Alexander et al. (2009)	งานวิจัยนี้
H (m)	3.39	2.00
N (rpm)	1491	749.15
Q (l/min)	7,434	964
P_r (W)	2,820	85.41
η_h (%)	60.8	54.2
N_s	544	130
d_h (cm)	13.6	4.0
d_t (cm)	22.5	10.0

รูปที่ 4.16 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำจากงานวิจัยนี้ที่ทำงานที่เสถียรความสูง 2 เมตร ($N_s=130$) กับประสิทธิภาพไฮดรอลิกของกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) ที่ทำงานที่เสถียรความสูง 3.39 เมตร ($N_s=544$) พบว่า กังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) มีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงที่สุดมากกว่ากังหันน้ำจากงานวิจัยนี้อยู่ 6.6% แต่กังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) จะมีอัตราการไหลที่สูงมากคือ 7,434 l/min เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันน้ำของงานวิจัยนี้ที่มีอัตราการไหลเพียง 964 l/min และขนาดของกังหันน้ำของ Alexander et al. (2009) ก็มีขนาดใหญ่กว่ากังหันน้ำของงานวิจัยนี้ถึง 2.25 เท่า



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบผลการทดสอบกังหันน้ำของงานวิจัยนี้กับ
กังหันน้ำของ Alexander et al. (2009)

จากผลทดสอบกังหันน้ำ พบว่า กังหันน้ำที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับแหล่งน้ำที่มีเฮดความสูงไม่เกิน 4 m อัตราการไหลอยู่ในช่วง 700 – 1,250 l/min และมีประสิทธิภาพไฮดรอลิกสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 47 – 55% โดยกังหันน้ำนี้จะให้กำลังทางกลสูงสุดเท่ากับ 449.3 W ที่เฮดความสูง 4 เมตร คิดเป็นประสิทธิภาพไฮดรอลิกเท่ากับ 55%