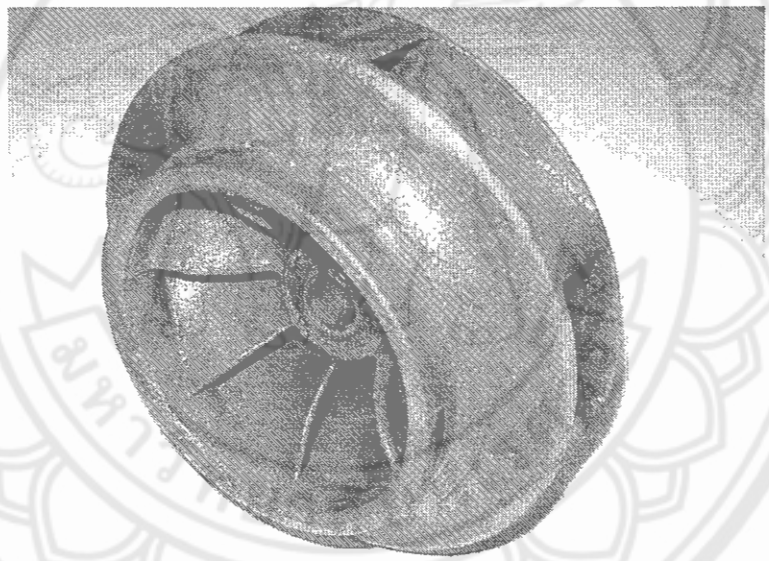
บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดลองได้นำใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ยี่ห้อ Ingersoll-Dresser Pumps รุ่น MEN 80-65-125 โดยมีลักษณะทางกายภาพดังนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัด 141.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของใบพัด 59 มิลลิเมตร ขนาดมุมที่ทางเข้าของใบพัด 50 องศา ขนาดมุมที่ทางออกของใบพัด 118.85 องศา ดังรูปที่ 4.1 มาใช้ในการทดลองหาสมรรถนะและวิเคราะห์ผลที่ได้ดังนี้

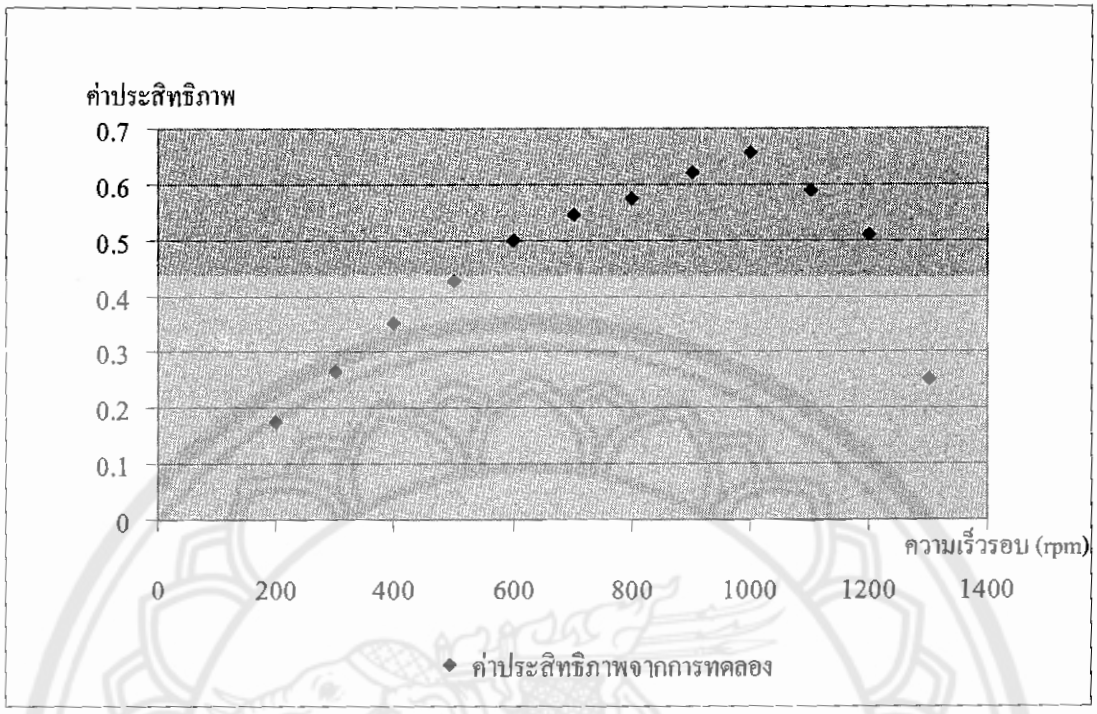


รูปที่ 4.1 ใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

4.1 การวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดลอง

จากการที่ได้ทำการทดลองโดยเริ่มจากความเร็วรอบของกังหันที่ 200 รอบต่อนาที แล้วเพิ่มความเร็วรอบครั้งละ 100 รอบต่อนาที โดยขณะทำการทดลองกำหนดให้ความดันคงที่ 0.2 บาร์ บันทึกผลจนค่าแรงบิดที่อ่านได้จากเครื่องวัดมีค่าแรงบิดเท่ากับศูนย์

ค่าของประสิทธิภาพจากการทดลองสามารถทราบได้จากการคำนวณในส่วนของการทดลอง ได้ค่าแสดงดังรูปที่ 4.2

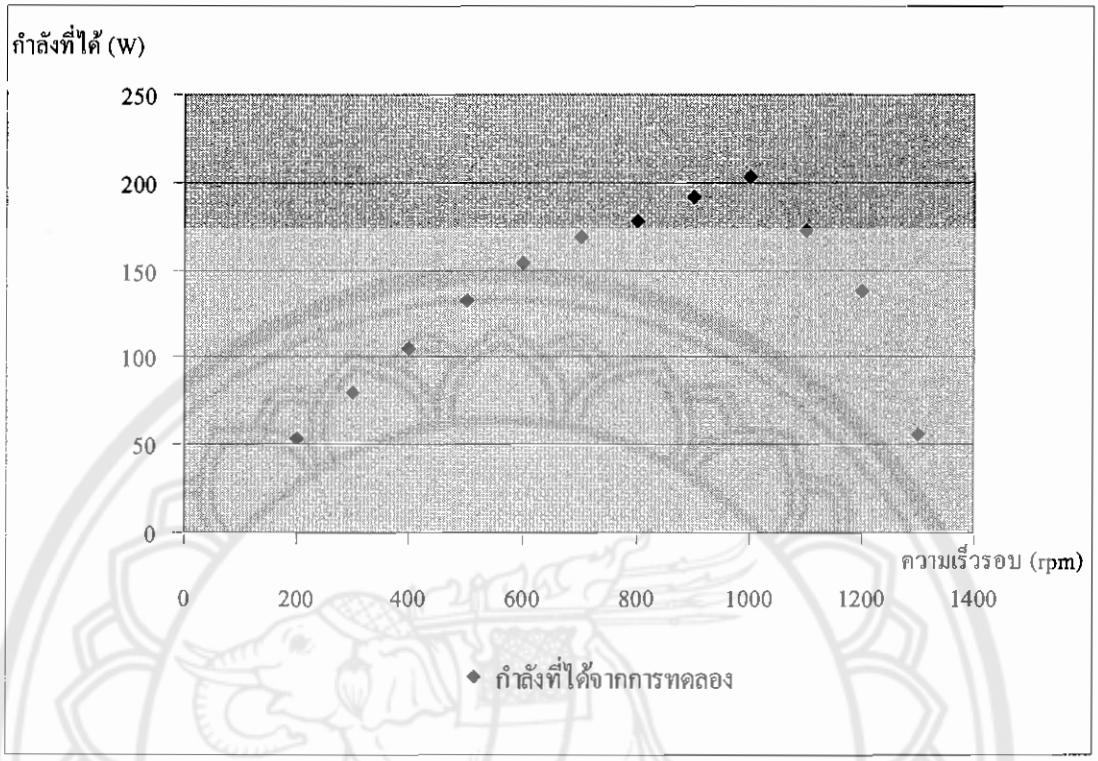


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพจากการทดลอง

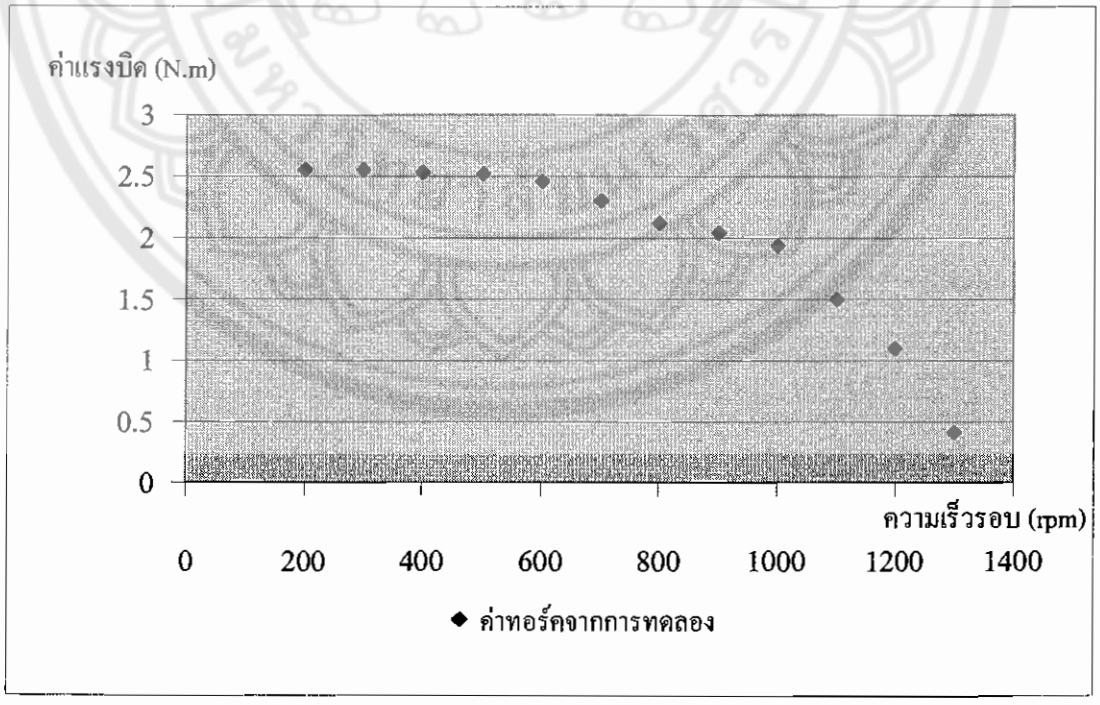
จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าประสิทธิภาพจากการทดลองในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของกังหันจนมีค่าประสิทธิภาพสูงสุด 0.658 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที หลังจากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องโดยมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

ค่ากำลังที่ได้ของกังหันจากการทดลองสามารถทราบได้จากการคำนวณในการทดลอง ซึ่งอยู่ในรูปของกำลังที่ได้จากเพลาของกังหัน ได้ค่าแสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่ากำลังที่ได้จากกังหันของการทดลองในช่วงแรกมีค่าน้อยและจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของกังหันจนมีค่าสูงสุด 203.15 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงทำให้กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

ค่าของแรงบิดของกังหันจากการทดลองมาจากการบันทึกค่าจากไดนาโมมิเตอร์ที่ความเร็วรอบต่างกันดังรูปที่ 4.4 พบว่าค่าแรงบิดที่ได้จากการทดลองในช่วงแรกจะมีค่าสูงสุดที่ 2.55 นิวตันเมตร หลังจากนั้นจะลดลงตามความเร็วรอบของกังหัน โดยกราฟที่ได้จะมีลักษณะโค้ง



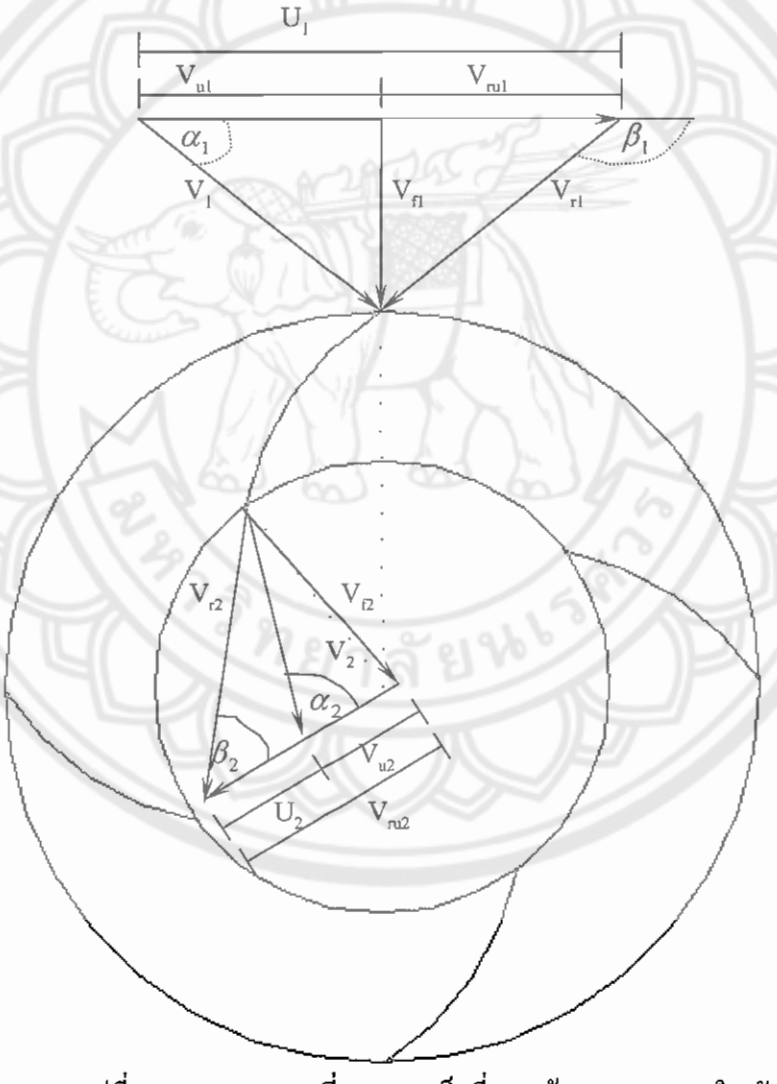
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ากำลังที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากการทดลอง

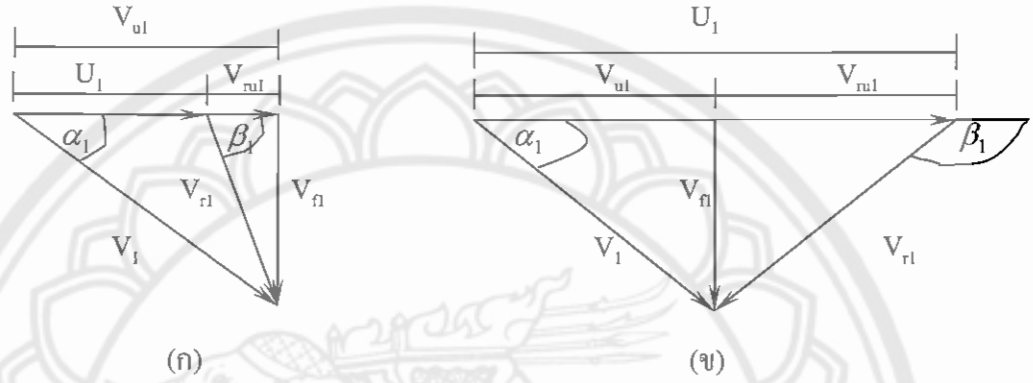
4.2 การวิเคราะห์รูปร่างของสามเหลี่ยมความเร็วของการนำเครื่องสูบน้ำมาใช้เป็นกังหันน้ำ

จากการนำเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งมาใช้เป็นกังหันน้ำ สิ่งที่แตกต่างจากกังหันคือลักษณะความโค้งของใบพัดจะแตกต่างกัน โดยที่ใบของกังหันจะเว้ารับกับน้ำโดยตรงจากทางเข้าแล้วไหลไปตามใบพัดสู่ทางออก ส่วนใบของเครื่องสูบน้ำเมื่อนำมาใช้เป็นกังหันจะมีลักษณะโค้งไม่รับน้ำโดยตรงจากทางเข้าแต่จะย้อนจากทางเข้าแล้วไหลไปตามใบพัดสู่ทางออก และจากการวิเคราะห์รูปร่างของสามเหลี่ยมความเร็วพบว่ามีรูปร่างดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงสามเหลี่ยมความเร็วที่ทางเข้าและทางออกใบพัด

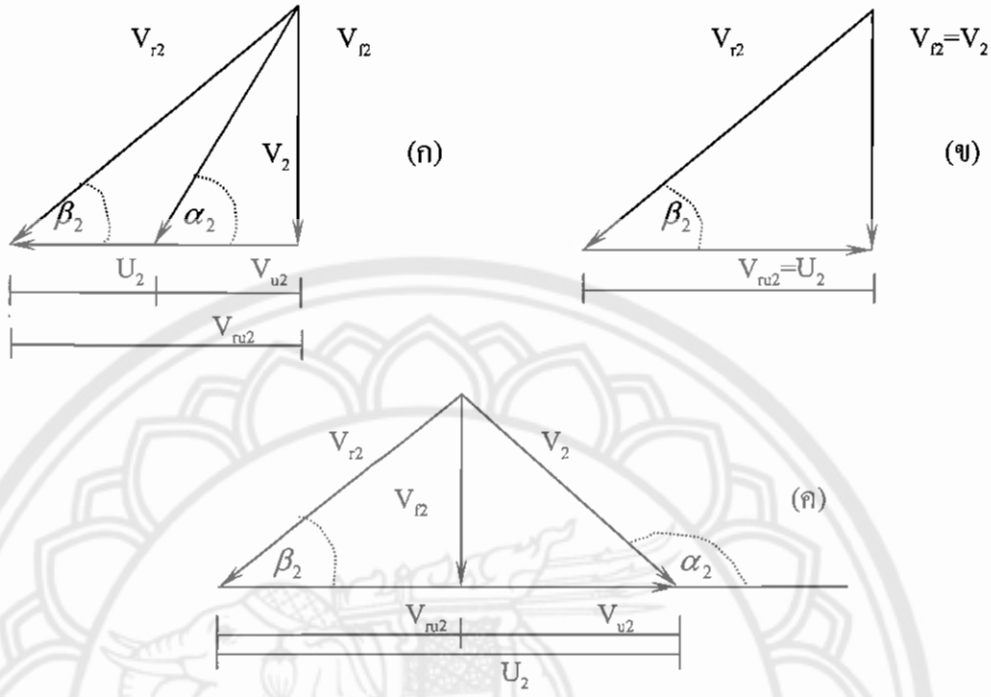
ในการวิเคราะห์โดยใช้สามเหลี่ยมความเร็ว โดยมีสมมุติฐานดังนี้ เป็นการไหลในหนึ่งมิติ การไหลต้องขนานกับใบพัด มีความเสียดทานระหว่างของไหลกับใบพัดน้อยมาก ความหนาของใบพัดมีค่าน้อยและใบพัดมีจำนวนอนันต์ ลักษณะสามเหลี่ยมความเร็วที่ทางเข้าและทางออกแสดงไว้ดังรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดงสามเหลี่ยมความเร็วของน้ำที่เข้ากังหัน (ก) $V_{u1}>U_1$ (ข) $V_{u1}<U_1$

โดยรูปที่ 4.6 สามเหลี่ยมความเร็วที่ทางเข้าของกังหันมีความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f1}) เท่ากันตลอด โดยรูป 4.6 ก แสดงที่น้ำเข้าบางส่วนของกังหันทำให้ความเร็วสมบูรณ์ของน้ำในแนวสัมผัส (V_{u1}) มากกว่าความเร็วใบพัดในแนวสัมผัส (U_1) รูป 4.6 ข แสดงน้ำเข้าเต็มส่วนของกังหันทำให้สมบูรณ์ของน้ำในแนวสัมผัส (V_{u1}) น้อยกว่า ความเร็วใบพัดในแนวสัมผัส (U_1) และจากการวิเคราะห์พบว่าในช่วงแรกที่ความเร็วของกังหันมีค่าต่ำจะเป็นดังรูป4.6 ก จากนั้นที่ความเร็วของกังหันมีค่าสูงจะเป็นดังรูป 4.6 ข

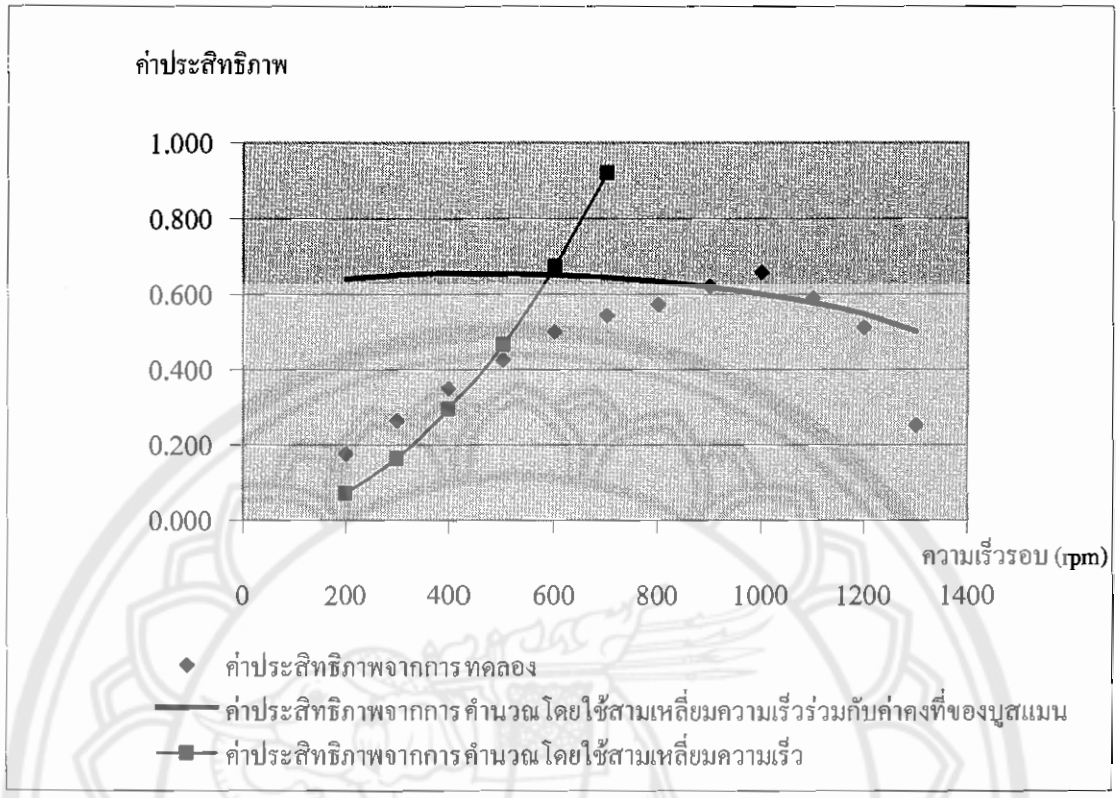
จากรูปที่ 4.7 แสดงสามเหลี่ยมความเร็วที่ทางออกของกังหัน ที่ความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f2}) เท่ากันโดยรูป 4.7 ก แสดงที่ความเร็วของกังหันมีค่าน้อยทำให้ความเร็วสัมพัทธ์ในแนวสัมผัส (V_{ru2}) มากกว่า ความเร็วใบพัดในแนวสัมผัส (U_2) รูป 4.7 ข แสดงที่ความเร็วของกังหันเพิ่มขึ้นจนกระทั่งความเร็วสัมพัทธ์ในแนวสัมผัส (V_{ru2}) เท่ากับ ความเร็วใบพัดในแนวสัมผัส (U_2) ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รูป 4.7 ค แสดงถึงความเร็วของกังหันมีค่าสูงความเร็วใบพัดในแนวสัมผัส (U_2) มากกว่า ความเร็วสัมพัทธ์ในแนวสัมผัส (V_{ru2})



รูปที่ 4.7 แสดงสามเหลี่ยมความเร็วของน้ำที่ออกจากกังหัน (ก) $V_{ru2}>U_2$ (ข) $V_{ru2}=U_2$ (ค) $V_{ru2}<U_2$

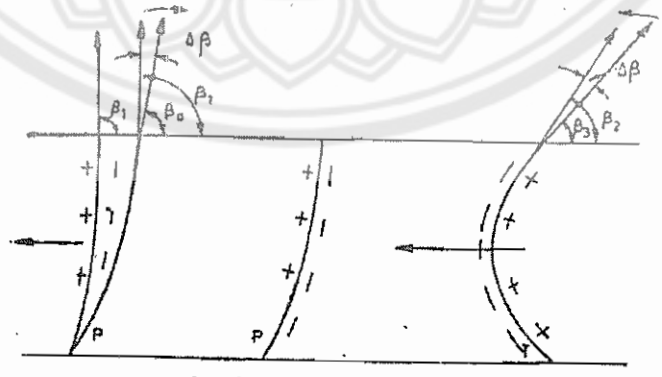
จากการนำสมการการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีสามเหลี่ยมความเร็ว มาทำนายค่าประสิทธิภาพจากการทดลอง พบว่ากราฟค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีลักษณะไม่คล้ายกับการทดลองหรือตามทฤษฎี โดยกราฟจะมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรอบที่เพิ่ม ส่วนจากการคำนวณค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีสามเหลี่ยมความเร็วร่วมกับทฤษฎีของบูสแมน เมื่อค่าคงที่ของบูสแมน(K_B) เท่ากับ 0.725 พบว่ากราฟค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้มีลักษณะคล้ายกับการทดลองหรือตามทฤษฎีดังรูปที่ 4.8

จากรูปที่ 4.8 พบว่าค่าประสิทธิภาพจากการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมความเร็วร่วมกับทฤษฎีของบูสแมนจะมีค่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการทดลอง ในช่วงความเร็วรอบ 900 ถึง 1200 รอบต่อนาที เนื่องมาจากการไหลเป็นการไหลที่ขนานกับใบพัดและค่าความเร็วสมบูรณ์ของน้ำในแนวสัมผัสที่ทางออก (V_{u2}) มีค่าน้อยดังรูปที่ 4.7 (ข) ส่วนที่ความเร็วอื่นจะให้ค่าประสิทธิภาพที่แตกต่างจากการทดลอง เพราะการไหลจริงในใบพัดไม่เป็นไปตามทฤษฎีพื้นฐานที่ว่า การไหลต้องขนานกับใบพัด มีแรงเสียดทานน้อยมากในใบพัดเป็นการไหลในหนึ่งมิติ และความหนาของใบพัดน้อยมาก ทำให้ค่าความเร็วขาเข้าและขาออกใบพัดรวมทั้งมุมของน้ำที่ทางเข้าสัมพัทธ์ที่กังหันไม่เท่ากับมุมของใบพัด



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพจากการทดลองและการคำนวณทางทฤษฎี

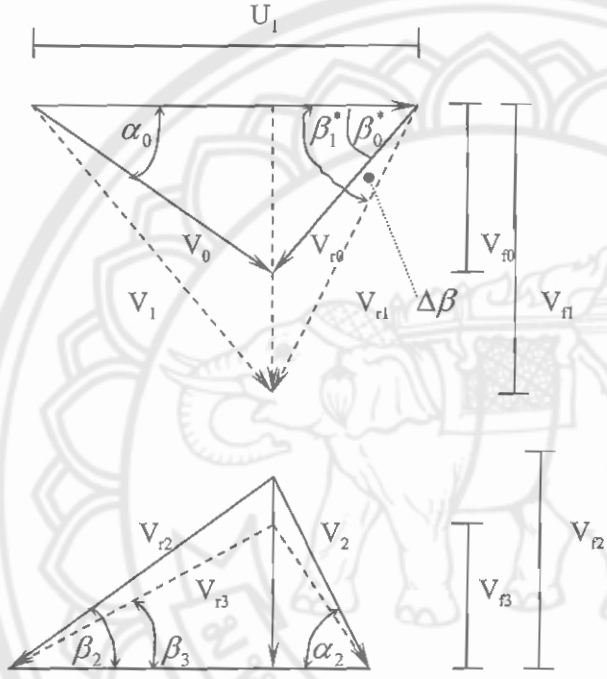
ความเสียดทานที่เกิดขึ้นในใบพัดจะมีค่าสูงเมื่อความเร็วรอบของกังหันเพิ่มขึ้น ความเสียดทานในใบพัดมีผลทำให้ค่ามุมของของไหลเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมดังรูป 4.9 และเมื่อค่ามุมเปลี่ยนแปลงไปจากที่วัดค่าได้ ทำให้ค่าความเร็วจากสามเหลี่ยมความเร็วผิดออกไปจากความเป็นจริง โดยเฉพาะที่ความเร็วของใบพัดมีค่าสูง



รูปที่ 4.9 แสดงค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงไปจากความเสียดทานในใบพัด

(ที่มา: hydraulic machines theory and design)

ส่วนความหนาของใบพัด มีผลทำให้ลดประสิทธิผลของพื้นที่หน้าตัดของของไหลทั้งทางด้านเข้าและทางด้านออกของใบพัด จากผลดังกล่าวทำให้ค่าของความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f1}) มากกว่า ความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f0}) และความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f2}) มากกว่า ความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f3}) แสดงดังรูปที่ 4.10 เพราะในการคำนวณได้มีการใช้ค่าความเร็วน้ำในแนวแกน (V_{f1}) ทำให้ค่ามุมของของไหลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลกระทบต่อค่าสมบูรณ์ของน้ำในแนวสัมผัสทั้งทางเข้าและทางออก



(ก) สามเหลี่ยมความเร็วทางด้านเข้ากังหัน

(ข) สามเหลี่ยมความเร็วทางด้านออกกังหัน

รูปที่ 4.10 แสดงสามเหลี่ยมความเร็ว ที่ $V_{f1} > V_{f0}$ และ $V_{f2} > V_{f3}$

(ที่มา: hydraulic machines theory and design)

ในขณะที่การใช้การทำนายสมรรถนะแบบการใช้ตัวแปรของซูเตอร์(Suter parameters) เป็นการใช้เส้นโค้งคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำมาใช้ในการทำนายค่าประสิทธิภาพของกังหัน แทนการหาค่าประสิทธิภาพจากทฤษฎีของกังหัน ผลที่ได้จะมีความแม่นยำสูง เนื่องจากเส้นโค้งคุณลักษณะที่ได้มานั้นแสดงการไหลจริงที่เกิดขึ้นในใบพัด คือการรวมผลที่เกิดจากแรงเสียดทานการไหลที่ไม่ขนานกับใบพัด การไหลแบบปั่นป่วน และความหนาของใบพัด อยู่ในเส้นโค้งคุณลักษณะอยู่แล้ว