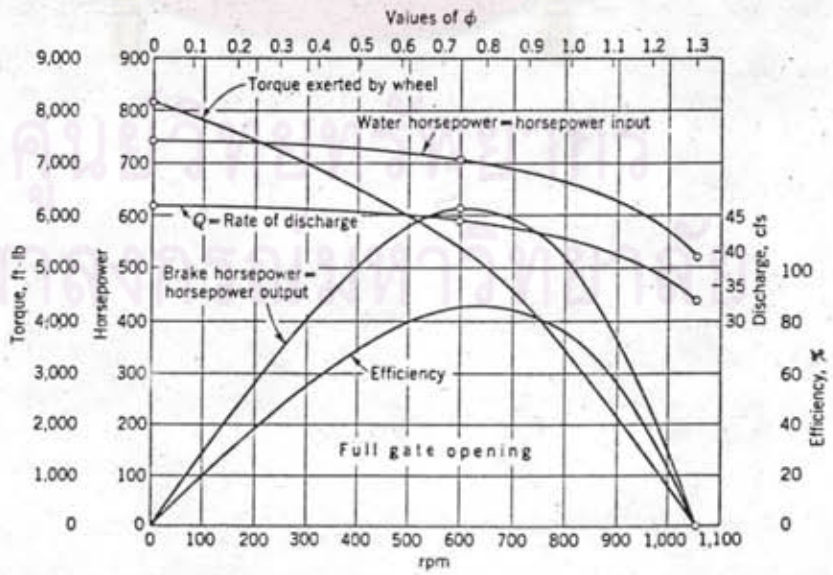
บทที่ 4

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำทั้งแบบไม่มีและมี guide vane ทำการทดลองที่ระดับน้ำเข้าคงที่และที่ความเร็วรอบคงที่ ซึ่งได้แสดงผลของสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำไว้ในบทที่ 3 และตัวอย่างผลการทดลองรวมทั้งการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

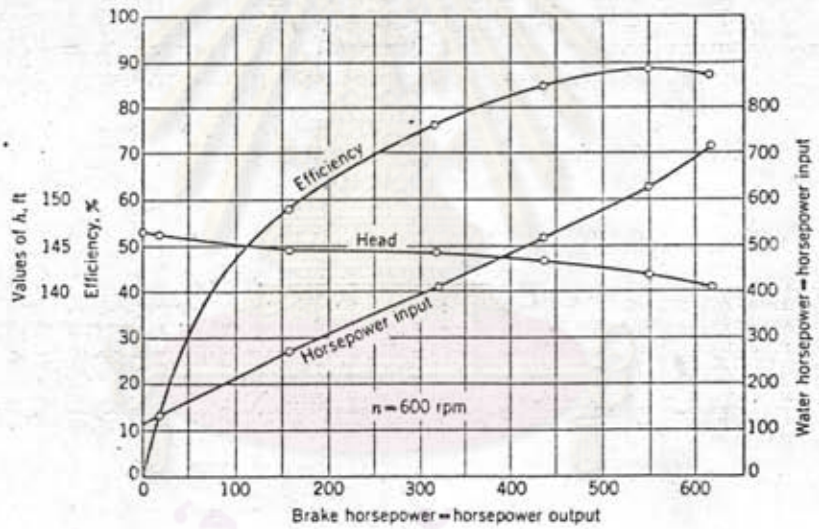
การอภิปรายผลการทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1. สมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ และ 2. รูปร่างของสูบหอยโข่งที่ใช้ดัดแปลง

การทดลองสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับกังหันปฏิกิริยา เป็นต้นว่า เปลือกสูบ impeller guide vane และท่อผาย ทั้งหมดนี้เป็นส่วนประกอบสำคัญของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่มีชื่อว่ากังหันฟรานซิส จากรูปที่ 4.1 เป็นการแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ภายใต้ระดับน้ำคงที่



รูปที่ 4.1 สมรรถนะของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่ระดับน้ำคงที่ [7]

กังหันที่มีน้ำไหลเข้าแบบฟรานซิส (inward-flow Francis turbine) อัตราการไหลของน้ำจะลดลงเมื่อความเร็วรอบของ runner เพิ่มขึ้น ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือจุดที่ประสิทธิภาพสูงสุดจะมีอัตราส่วนความเร็ว (ϕ) ไม่น้อยกว่า 0.5 และโดยทั่วไปจะให้ค่าอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 0.85 สำหรับความเร็วรอบไร้ภาระ (runaway speed) จะมีค่ามากกว่าความเร็วรอบใช้งานประมาณ 60% และถ้าอัตราส่วนความเร็วมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่ากำลังงานน้ำซึ่งเป็นกำลังงานขาเข้าของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาจะไม่คงที่ จุดที่ประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ความเร็วรอบสูงกว่าจุดที่กำลังงานเพลาสูงสุดเพียงเล็กน้อย จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่กำลังงานเพลาต่าง ๆ ภายใต้ความเร็วรอบคงที่



รูปที่ 4.2 สมรรถนะของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบคงที่ [7]

ในทางปฏิบัติกังหันน้ำจะใช้งานที่ความเร็วรอบคงที่ โดยการบังคับประตูน้ำตามการเพิ่มหรือลดของภาระโดยสมมุติให้ระดับน้ำเข้าคงที่ แม้ว่าระดับน้ำจะลดลงบ้างเมื่อกังหันมีภาระเพิ่มขึ้น เพราะว่าความเสียดทานในท่อส่งน้ำจะแปรตามกำลังที่สองของอัตราการไหล และระดับน้ำสถิตย์อาจเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งระดับน้ำบน (head water) และระดับน้ำล่าง (tail water) ประการสำคัญสำหรับกังหันน้ำระดับต่ำ เมื่อระดับน้ำล่างน้ำสูงขึ้นมาก ๆ เป็นผลให้ระดับน้ำรวมลดลงก็จะทำให้กำลังงานของกังหันลดลงด้วย

ในการทำงานของกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบคงที่ ก็เพื่อให้มีน้ำไหลเข้าเต็มในช่องน้ำไหล (runner passage) ของ runner หมายความว่าความเร็วสัมพัทธ์ของน้ำที่ผ่านพื้นที่คงที่จะมีค่าลดลงขณะที่ภาระของกังหันลดลง ซึ่งเป็นไปตามสมการต่อเนื่อง $Q = A_1 V_1 = a_1 v r_1 = a_2 v r_2$ และที่ภาระบางส่วน (part load) ถ้าปรับ guide vane ให้พื้นที่ A_1 ลดลง หมายถึง α_1 ลดลงก็จะทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลงด้วย จากผลอันนี้จะทำให้สามเหลี่ยมความเร็วของน้ำตรงทางเข้าและออก runner เปลี่ยนไป เมื่อลดภาระลงทิศทางการไหลของน้ำตรงทางเข้า runner จะไม่เข้า ในทิศทางตามแนวเส้นสัมผัสกับ runner เป็นผลทำให้มีการสูญเสียพลังงานแบบ shock lossและตรงทางออกของ runner ความเร็ว V_2 อาจเพิ่มขึ้น เป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานจลน์ตรงทางออกของ runner เพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน จะทำให้เกิดน้ำหมุนตรงทางออกของ runner ไหลผ่านท่อผายทำให้ประสิทธิภาพของท่อผายลดลง โดยปกติทั่วไปกังหันน้ำแบบปฏิกิริยาฟรานซิสจะให้ค่าความเร็วรอบจำเพาะ (N_s) 10 - 110 แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะมีค่า 20 - 80 หรือ 90 [7]

4.1 <u>สมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ</u>

ก. <u>สมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำที่ระดับน้ำคงที่</u> จากรูปที่ 3.1 - 3.12 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างแบบไม่มีและมี guide vane ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กันภายใต้ระดับน้ำเข้าคงที่ จากกราฟของรูปดังกล่าวได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของกำลังงานน้ำ (WP) อัตราการไหลของน้ำ (Q) แรงบิด (T) กำลังงานเพลา (BP) และประสิทธิภาพ (η) ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำภายใต้ระดับน้ำคงที่

จากกราฟจะเห็นได้ว่า อัตราการไหลของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำแบบไม่มี guide vane จะให้ค่าสูงกว่าแบบมี guide vane ในช่วงความเร็วรอบต่ำและที่ระดับน้ำค่อนข้างต่ำ เนื่องจากความเร็วรอบหมุนของ runner ช้ากว่าแบบมี guide vane และความเสียดทานเนื่องจากความฝืดของการหมุนของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำที่ความเร็วรอบต่ำค่อนข้างสูง แต่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ระดับน้ำสูงขึ้นและความเสียดทานของการหมุนลดลง ทำให้กราฟบางรูปอัตราการไหลของแบบไม่มี guide vane ให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane ในบางช่วงของความเร็วรอบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำไม่คงที่ในขณะที่มีภาระอยู่ จึงส่งผลให้กำลังงานน้ำที่ได้ไม่คงที่ในลักษณะเช่นเดียวกัน

ในกรณีของแรงบิดสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำแบบมี guide vane ให้ค่าสูงกว่าแบบไม่มี guide vane ประมาณ 0.2 - 0.7 Nm เนื่องจาก guide vane ทำหน้าที่เป็นตัวบังคับทิศทางการไหลของน้ำเข้า runner ในแนวเส้นสัมผัสกับ runner ทำให้การถ่ายพลังงานจากน้ำให้กับ runner ในทิศทางที่ถูกต้องและมากกว่า ดังนั้น จึงให้ค่ากำลังงานเพลาและประสิทธิภาพสูงกว่าด้วย โดยจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดจะให้ค่าความเร็วรอบสูงกว่าจุดที่มีกำลังงานเพลาสูงสุดเพียงเล็กน้อยและตรงตำแหน่งอัตราส่วนความเร็วประมาณ 0.48 - 0.61 สำหรับแบบไม่มี guide vane และ 0.50 - 0.65 สำหรับแบบมี guide vane ความเร็วรอบจำเพาะที่จุดมีประสิทธิภาพสูงสุดของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำแบบไม่มี guide vane จะให้ค่าประมาณ 25 - 32 และแบบมี guide vane จะให้ค่าประมาณ 26 - 33 ดังได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

สรุปการเปรียบเทียบสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ แบบไม่มีกับแบบมี guide vane ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ภายใต้ระดับน้ำคงที่

(1) แรงบิด แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(2) กำลังงานเพลา แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(3) ประสิทธิภาพ แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(4) อัตราส่วนความเร็วที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(5) ความเร็วรอบจำเพาะที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

ข. <u>สมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ</u> ที่ความเร็วรอบคงที่ จากรูปที่ 3.13 - 3.14 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำโดยเปรียบเทียบกันระหว่างแบบไม่มีและมี guide vane ที่กำลังงานเพลาต่าง ๆ กัน ภายใต้ความเร็วรอบคงที่ จากกราฟรูปดังกล่าวได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของกำลังงานน้ำ อัตราการไหลของน้ำ แรงบิดและประสิทธิภาพ เทียบกับกำลังงานเพลาต่าง ๆ ของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำภายใต้ความเร็วรอบคงที่

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ที่กำลังงานเพลาจุดเดียวกัน สูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำแบบไม่มี guide vane ต้องใช้อัตราการไหลของน้ำ ระดับน้ำ แรงบิดและกำลังงานน้ำสูงกว่าแบบมี guide vane แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากเปรียบเทียบกันที่ความเร็วรอบคงที่ สูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำแบบไม่มี guide vane จะให้จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราส่วนความเร็วประมาณ 0.6 และความเร็วรอบจำเพาะประมาณ 31.34 สำหรับแบบมี guide vane จะให้จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราส่วนความเร็วประมาณ 0.62 และความเร็วรอบจำเพาะประมาณ 32.46 ซึ่งได้จากการทดลองที่ความเร็วรอบคงที่ 1000 rpm สำหรับที่ 1450 rpm นั้น ได้ข้อมูลน้อยมากจึงทำให้กราฟที่ได้ไม่สมบูรณ์พอ

สรุปการเปรียบเทียบสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ แบบไม่มีกับแบบมี guide vane ที่กำลังงานเพลาต่าง ๆ ภายใต้ความเร็วรอบคงที่

(1) อัตราการไหล แบบไม่มีต้องใช้สูงกว่าแบบมี guide vane

(2) ระดับน้ำ แบบไม่มีต้องใช้สูงกว่าแบบมี guide vane

(3) แรงบิด แบบไม่มีให้ค่าสูงกว่าแบบมี guide vane

(4) กำลังงานน้ำ แบบไม่มีต้องใช้สูงกว่าแบบมี guide vane

(5) ประสิทธิภาพ แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(6) อัตราส่วนความเร็วที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

(7) ความเร็วรอบจำเพาะที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด แบบไม่มีให้ค่าต่ำกว่าแบบมี guide vane

ค. <u>สมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ</u> ที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด จากรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างแบบไม่มีและมี guide vane ที่จุดประสิทธิภาพสูงสุด ภายใต้ระดับน้ำต่าง ๆ กัน จากกราฟของรูปดังกล่าว ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของกำลังงานเพลาและประสิทธิภาพสูงสุดที่ระดับน้ำต่าง ๆ กัน

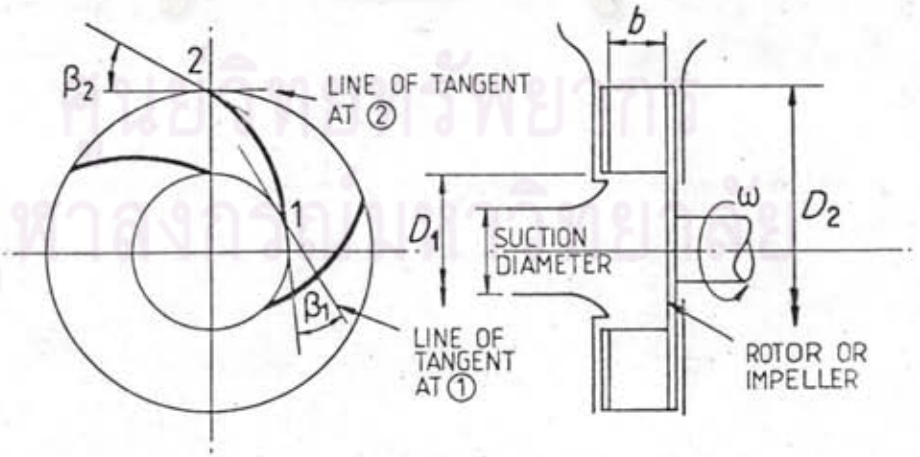
จากกราฟจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละระดับน้ำจะลดลง เมื่อระดับน้ำสูงขึ้น และในทางกลับกันสำหรับกำลังงานเพลาจะสูงขึ้นเมื่อระดับน้ำสูงขึ้น

แต่อัตราการเพิ่มของกำลังงานเพลาน้อยมากเมื่อระดับน้ำอยู่ในช่วง 12 - 14 m และประสิทธิภาพลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น สูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับน้ำต่ำตัวนี้จึงเหมาะที่จะใช้งานที่ระดับน้ำประมาณ 12 - 14 m ที่ความเร็วรอบประมาณ 1000 - 1100 rpm ซึ่งจะให้อัตราส่วนกำลังงานเพลาต่อขนาดสูงสุดและประสิทธิภาพสูงพอสมควร

4.2 รูปร่างของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ

ก. เปลือกสูบ ซึ่งทำหน้าที่เป็นเปลือกกังหันเป็นท่อป้อนน้ำเข้า runner ลักษณะเป็นท่อก้นหอย (spiral) สามารถป้อนน้ำเข้า runner โดยรอบตามแนวของเส้นรอบวงของ runner และขนาดของท่อก็ให้เรียวเล็กลงตามลำดับ น้ำที่ไหลอยู่ในท่อจะรีดพื้นที่หน้าตัดเล็กลงเรื่อย ๆ เมื่อแล่นไปตามก้นหอย ทำให้น้ำแล่นด้วยความเร็วขึ้นและจะต้องมีน้ำเต็มท่ออยู่ตลอดเวลาขณะที่กำเนิดต้นกำลัง ทั้งเปลือกสูบและเปลือกกังหันมีลักษณะการออกแบบและสร้างเช่นเดียวกัน ต่างกันอยู่ที่เปลือกกังหันมีที่ว่างระหว่าง runner กับ spiral มากกว่าเพื่อใช้ติดตั้ง guide vane

ข. impeller ซึ่งทำหน้าที่เป็น runner ของกังหัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 impeller ของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ [3]

โดยทั่วไป impeller ของสูบหอยโข่งจะมีมุมครีบ $\beta_2 > \beta_1$ และ runner ของกังหันน้ำจะมีมุมครีบ $\beta_2 > \beta_1$ เช่นกัน แต่ตำแหน่งของมุมครีบใบกลับกัน สำหรับการทดลองสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำใช้ impeller ที่มีมุมครีบใบ $\beta_2 > \beta_1$ เมื่อทำงานเป็นกังหันน้ำจะมีมุมครีบใบ $\beta_1 > \beta_2$ ในกรณีเช่นนี้จะทำให้สามเหลี่ยมความเร็วตรงตำแหน่งเข้าและออกเปลี่ยนไป จากรูปที่ 1.2 ตรงตำแหน่งน้ำเข้า runner จะทำให้ V_{t1} ลดลง และตรงตำแหน่งน้ำออกจาก runner จะทำให้ V_{t2} เพิ่มขึ้น ดังนั้น จากสมการที่ (1-5) จะทำให้ total dynamic head (H_t) ของสูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำลดลง มีผลทำให้กำลังงานและประสิทธิภาพลดลงด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อใช้สูบหอยโข่งดัดแปลงเป็นกังหันน้ำระดับต่ำ โดยใช้ impeller ที่มีมุมครีบใบ $\beta_2 > \beta_1$ ทำงานเป็น runner จะทำให้กำลังงานเพลาและประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย