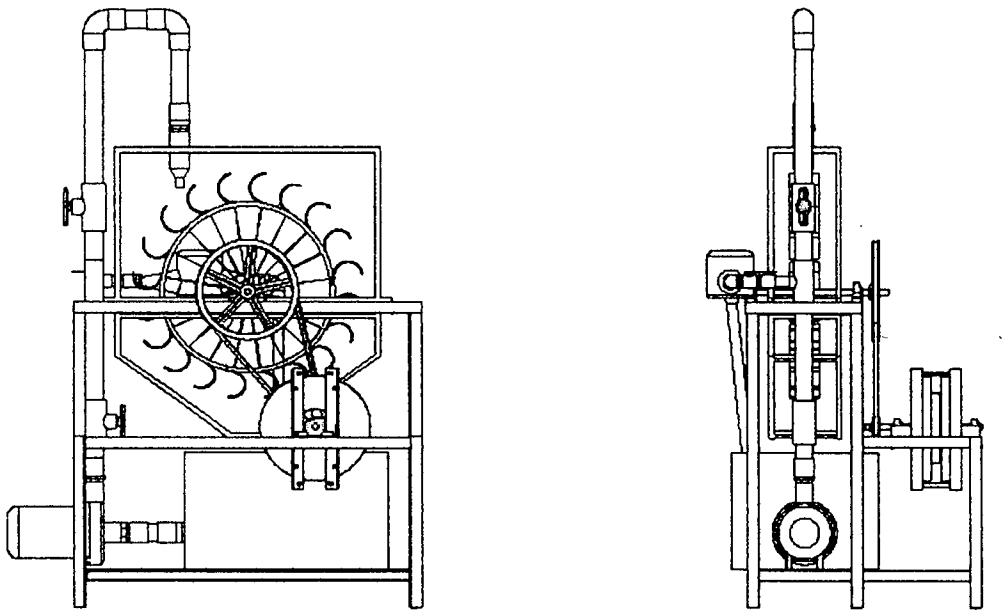
บทที่ 3
การออกแบบและการคำนวณ

ในการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดจิ๋วครั้งนี้ ได้กำหนดความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (เจนเนอเรเตอร์) ที่ 100 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที เพื่อนำไปสู่การหาขนาดของเพลารองรับน้ำหนักเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ความเร็วของน้ำที่ต้องฉีดออกจากหัวฉีด แรงที่น้ำต้องกระทำกับใบกังหันน้ำ กำลังงานที่กังหันน้ำผลิตได้ และเพลารองรับน้ำหนักของกังหัน โดยกำหนดให้เส้นผ่านศูนย์ของกังหันน้ำเท่ากับ 0.3 เมตร



ภาพประกอบ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องกังหันน้ำ

3.1 การคำนวณหาขนาดของเพลารองรับน้ำหนักเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากสมการ $P = T\omega$ (3.1)

เมื่อกำลัง (P) เท่ากับ 100 วัตต์ และมีความเร็วเท่ากับ (N) 450 รอบต่อนาที แทนค่า P และ N ในสมการจะได้

$$100 = \frac{T(2\pi)(450)}{60}$$

$$T_{gen} = 2.12 \text{ นิวตัน เมตร}$$

ขนาดของเพลารองรับน้ำหนักคำนวณได้จากสมการ

$$\tau = \frac{T(D/2)}{\pi\frac{D^4}{32}}$$

$$= \frac{16T}{\pi D^3} \qquad (3.2)$$

เมื่อกำหนดให้เพลารองรับน้ำหนักเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำจากเหล็ก St37 ซึ่งเป็นเหล็กเพลา และมีค่าความเค้นเฉือน (τ) เท่ากับ 140 MN/m^2 เมื่อแทนค่า τ และ T ในสมการที่ 3.2 จะได้

$$140\times10^6 = \frac{16(2.12)}{\pi D^3}$$

จะได้

$$D = \sqrt[3]{\frac{16(2.12)}{\pi\times140\times10^6}}$$

$$= 4.25 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากการคำนวณพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลารองรับน้ำหนักเจนเนอเรเตอร์มีค่าเท่ากับ 4.25 มิลลิเมตร ในการสร้างได้เลือกใช้เพลาที่มีขนาด 10 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นขนาดมาตรฐานและมีขนาดของลูกปืนรองรับ

แรงที่ใช้ในกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อใช้เฟืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร เป็นตัวขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถหาแรงที่ใช้ในการขับได้จากสมการ

$$T_{gen} = F \cdot r_g$$

$$2.12 = F\,(0.06)$$

$$F = 35.33 \text{ นิวตัน}$$

จากผลการคำนวณพบว่าแรงที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 35.33 นิวตัน

3.2 การคำนวณหาความเร็วของลำน้ำ

จากสมการ $Q = AV$ (3.3)

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

V = ความเร็ว (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ (m^2)

แทนค่า Q เท่ากับ 120 ลิตรต่อนาที โดยใช้ท่อขนาด 1/2 นิ้ว ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0127 เมตร สามารถคำนวณหาพื้นที่ของลำน้ำเท่ากับ 1.266×10^{-4} ตารางเมตร ดังนั้นความเร็วของน้ำจึงมีค่าเท่ากับ 15.79 เมตรต่อวินาที

3.3 การหาแรงที่ลำน้ำพุ่งกระทบใบพัดโค้ง

หาได้จากสมการ

$$F_{act} = \rho AV(V-U)(1+\cos\theta) \quad (3.4)$$

เมื่อ $U = \dfrac{2\pi Nr}{60}$

โดยที่ N เป็นความเร็วรอบของล้อกังหันน้ำ กำหนดให้เท่ากับ 90 รอบต่อนาที มุม θ เท่ากับ 0 องศา และรัศมีของล้อกังหัน (r) มีค่าเท่ากับ 0.3 เมตร ดังนั้นความเร็วของล้อกังหันน้ำ (U) จึงมีค่าเท่ากับ 1.57 เมตรต่อนาที แทนค่า U และ ความหนาแน่นของน้ำ (ρ) เท่ากับ 1000 kg/m^3 ในสมการ 3.4 จะได้ แรงที่น้ำกระทำกับใบพัดกังหันน้ำเท่ากับ 51.85 นิวตัน

กำลังที่ล้อกังหันน้ำผลิตได้ สามารถหาได้จากสมการที่ 3.5

$$P_w = F_{act} \cdot U \qquad (3.5)$$

แทนค่า F_{act} และ U ในสมการที่ 3.5 จะได้ กำลังที่ล้อกังหันน้ำผลิตได้ (P_w) เท่ากับ 146.21 วัตต์

ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำแบบใบพัดโค้ง สามารถหาได้จากสมการที่ 3.6

$$\eta = \frac{2U(V-U)(1+\cos\theta)}{V^2} \qquad (3.6)$$

โดยที่ U มีค่าเท่ากับ 2.82 เมตรต่อนาที V มีค่าเท่ากับ 15.79 เมตรต่อวินาที และ มุม θ เท่ากับ 0 องศา ดังนั้นแทนค่า U V และ ค่า θ ในสมการที่ 3.6 จะได้ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ(η) เท่ากับ 0.586 หรือ เท่ากับ 58.6 %

แรงบิดที่กระทำต่อเพลากังหันน้ำสามารถหาได้จากสมการที่ 3.7

$$P = T \cdot \omega \qquad (3.7)$$

โดยที่ T = แรงบิดที่เกิดขึ้นที่แกนหมุน ($N \cdot m$)
ω = ความเร็วเชิงมุมของแกนหมุน (rad/s)
P = กำลังที่ล้อของกังหันน้ำ (Watt)

แทนค่า P เท่ากับ 146.21 วัตต์ และ ω เท่ากับ 9.42 ในสมการที่ 3.7 จะได้ แรงบิดที่เกิดขึ้นกับเพลากังหันน้ำ (T) เท่ากับ 15.52 นิวตันเมตร

แรงที่กระทำต่อพลูเลย์กังหันน้ำสามารถหาได้จากสมการที่ 3.8

$$T = F \cdot r \qquad (3.8)$$

โดยที่ T เท่ากับ 15.52 นิวตันเมตร และรัศมีของพลูเลย์ (r) มีค่าเท่ากับ 0.125 เมตร แทนค่าลงในสมการที่ 3.8 จะได้แรงที่กระทำที่พลูเลย์กังหันน้ำ เท่ากับ 124.16 นิวตัน

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากังหันน้ำสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.9

$$\tau = \frac{T(D/2)}{\pi\frac{D^4}{32}} = \frac{16T}{\pi D^3} \qquad (3.9)$$

เมื่อกำหนดให้เพลารองรับน้ำหนักล้อกังหันน้ำทำจากเหล็ก St37 ซึ่งเป็นเหล็กเพลา มีค่าความเค้นเฉือน (τ) เท่ากับ 140 MN/m^2 และ T เท่ากับ 124.16 นิวตันเมตร เมื่อแทนค่า τ และ T ในสมการที่ 3.10 จะได้

$$140\times10^6 = \frac{16(124.16)}{\pi D^3}$$

จะได้

$$D = \sqrt[3]{\frac{16(124.16)}{\pi\times140\times10^6}}$$

$$= 16.5 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากการคำนวณพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลารองรับน้ำหนักล้อกังหันน้ำมีค่าเท่ากับ 16.5 มิลลิเมตร ในการสร้างได้เลือกใช้เพลาที่มีขนาด 19.05 มิลลิเมตร หรือ 3/4 นิ้ว เนื่องจากเป็นขนาดมาตรฐานและมีตลับลูกปืนรองรับอีกทั้งยังหาซื้อได้ง่าย