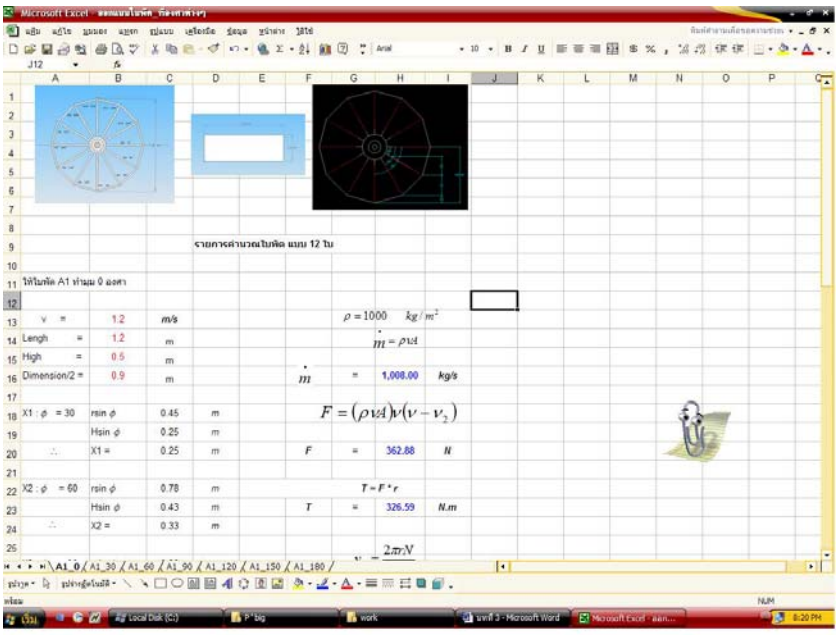
บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบ

3.1 ใบพัด

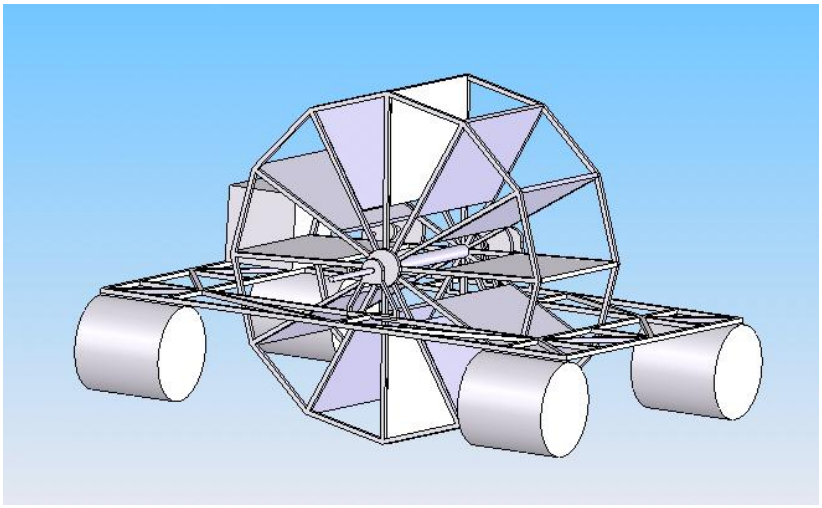
ในขั้นแรกในการออกแบบนั้น ได้เลือกใบพัดมา 2 แบบ คือ ใบพัดแบบตรงและแบบโค้ง เพื่อนำมาดูว่าลักษณะการไหลกระทบของของไหลกับใบพัดว่าใบพัดแบบไหนที่จะสามารถให้แรงที่ใบพัดมากที่สุด จากข้อมูลที่มีผู้ที่ได้ทำการทดลองไว้และจากการศึกษาจากทฤษฎีเพิ่มเติมจึงสามารถสรุปได้ว่าใบพัดแบบตรงให้แรงที่ใบพัดมากว่าใบพัดแบบโค้ง เพราะใบพัดแบบโค้งจะเกิดกระแสไหลวนทำให้สร้างแรงต้านกับทิศทางของของไหล ดังนั้น จึงเลือกใบพัดตรงแบบ 12 ใบมาศึกษาและออกแบบเพื่อให้ได้กังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มาคำนวณหาค่าต่างๆ โดยใช้โปรแกรมคำนวณ (Excel) ดังรูปที่ 3.1



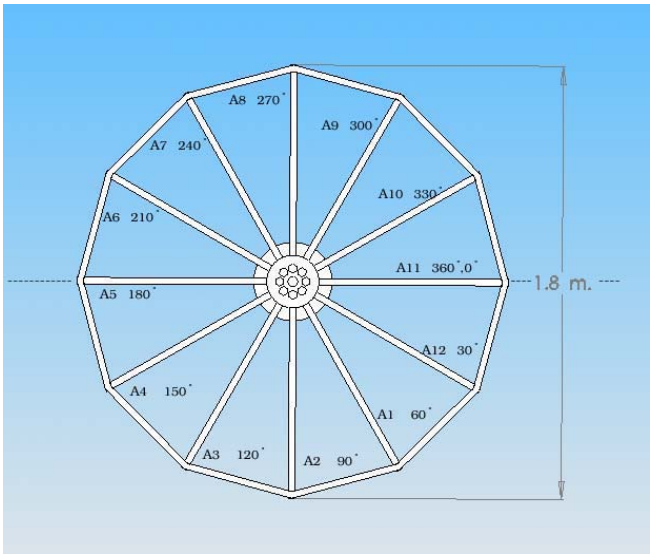
รูปที่ 3.1 แสดงการคำนวณอย่างง่ายโดยใช้โปรแกรม Excel

3.1.1 ใบพัด 12 ใบ

ใบพัด 12 ใบ ซึ่งแต่ล่ะใบจะทำมุม 30 องศา ในการคำนวณนั้นจะมีใบพัดที่จมอยู่ในน้ำจำนวน 5 ใบ แต่ในการคำนวณจะคำนวณใบพัดที่ปะทะกับทิศทางของกระแสน้ำซึ่งจะมีแค่ 3 ใบพัดเท่านั้น เพราะว่าใบพัดที่เหลือนั้นไม่ได้กระทบกับกระแสน้ำโดยตรงแรงของน้ำจะกระทำที่ใบพัดที่อยู่ด้านหน้าก่อนจึงสมมุติให้ใบพัดที่อยู่ด้านหลังไม่มีแรงจากกระแสน้ำกระทำ



รูปที่ 3.2 แสดงแบบกังหันน้ำและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องสูบน้ำกำลังน้ำ



รูปที่ 3.3 แสดงมุมต่างๆ ของใบพัดที่ใช้ในการคำนวณ

ทั้ง 3 ใบพัด ที่ปะทะกับกระแสน้ำยังมีพื้นที่บางส่วนที่ไม่ได้โดนกระแสน้ำจึงต้องตัดพื้นที่ในส่วนนั้นออกเพื่อที่จะได้พื้นที่ปะทะน้ำเท่านั้นมาหาแรงที่น้ำทำกับใบพัด โดยที่ใบพัดที่นำมาคำนวณนั้นจะกำหนดให้ชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น รัศมีของกังหัน ขนาดของใบพัด (L3H) เป็นต้น มีค่าเท่ากันทั้งสองชุด ดังนี้

$$Velocity(V) = 1.2 \qquad m/s^2$$
$$Lengh(L) = 0.8 \qquad m.$$
$$High(H) = 0.6 \qquad m.$$
$$Radian(r) = 0.9 \qquad m.$$

x = ความสูงของใบพัดที่กระทบกับกระแสน้ำ

พื้นที่รับแรงทั้งหมดหาได้จาก

$$\theta = 30^\circ, \quad H\sin\theta = x_1$$

$$\beta = 60^\circ, \quad r\sin\beta$$
$$H\sin\beta$$
$$x_2 = r\sin\beta - r\sin\theta$$

$$\alpha = 90^\circ, \quad r\sin\alpha$$
$$H\sin\alpha$$
$$x_3 = r\sin\alpha - r\sin\beta$$

$$A = (x_1 \times L) + (x_2 \times L) + (x_3 \times L)$$
$$A = (x_1 + x_2 + x_3) \times L$$

เมื่อ

x_1 คือ ความสูงของใบพัดใบที่ 1

x_2 คือ ความสูงที่เหลือของใบพัดที่กระทบกับของไหลใบที่ 2

x_3 คือ ความสูงที่เหลือของใบพัดที่กระทบกับของไหลใบที่ 3

แทนค่าลงในสมการจะได้ค่าต่างๆ ดังนี้

$$x_1 = H\sin\theta$$
$$= 0.6\times\sin 30^\circ$$
$$= 0.3 \qquad m.$$

$$x_2 = r\sin\beta - r\sin\theta$$
$$= \left(0.9\times\sin 60^\circ\right) - \left(0.9\times\sin 30^\circ\right)$$
$$= 0.33 \qquad m.$$

$$x_3 = r\sin\alpha - r\sin\beta$$
$$= \left(0.9\times\sin 90^\circ\right) - \left(0.9\times\sin 60^\circ\right)$$
$$= 0.12 \qquad m.$$

$$A = \left(x_1\times L\right) + \left(x_2\times L\right) + \left(x_3\times L\right)$$
$$A = \left(x_1 + x_2 + x_3\right)\times L$$
$$A = \left(0.25 + 0.33 + 0.12\right)\times 1.2$$
$$A = 0.60 \qquad m^2$$

นำพื้นที่ทั้งหมดที่หาได้มาคำนวณหาแรงที่ทำกับใบพัด

สำหรับการหาความเร็วรอบการหมุนของกังหันนั้น หาได้จากการทดสอบวัดความเร็วรอบการหมุนของใบพัดกังหันน้ำที่ความเร็วของของไหล 1 m/s ปรากฏว่าใบพัดกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 m จะได้สัมประสิทธิ์จากความเร็วไหลแล่นเปลี่ยนเป็นความเร็วหมุนรอบวงกลม คือ 0.499 จากสมการที่ 2.12

$$N = \frac{u60V}{\pi D} \qquad \text{[บรรจง, 2542]}$$

$$N = \frac{0.499\times 60\times 1.2}{3.14\times 1.8}$$
$$N = 6.36 \qquad rpm$$

เมื่อลำของของไหลพุ่งมากระทบกับใบพัดจะเกิดแรงทำให้ใบพัดเคลื่อนที่รอบแกนหมุนด้วยความเร็ว u ซึ่งเป็นความเร็วของกังหันที่เกิดจากของไหลที่มีความเร็ว V มากระทบกับใบพัด ความเร็วของกังหันหลังลำของไหลกระทบหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$u = \frac{2\pi rN}{60}$$

$$u = \frac{2 \times 3.14 \times 0.9 \times 6.36}{60}$$

$$u = 0.60 \qquad m/s$$

กำหนดให้

$$\rho = 1000 \qquad kg/m^2$$

$$\dot{m} = \rho VA$$

$$F = (\rho VA)(V - u)$$

แทนค่าลงไปในสมการ

$$F = (1000 \times 1.2 \times 0.84)(1.2 - 0.60)$$
$$= 259.20 \qquad N.$$

เมื่อมีของไหลมากระทบใบพัดจะทำให้เกิดแรงทำให้ใบพัดเคลื่อนที่รอบแกนหมุน จะทำให้เกิดแรงบิดกระทำต่อกังหัน สามารถหาแรงบิดที่กระทำต่อกังหันได้จากสมการ

$$T = F \times r$$

$$T = 259.2 \times 0.9$$
$$= 233.28 \qquad N.m.$$

ใบพัดหมุนรอบแกนหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม ω ซึ่งหามาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นของกังหันส่วนด้วยรัศมีของกังหัน ดังสมการต่อไปนี้

$$\omega = 2N\pi = \frac{u}{r}$$

$$\omega = \frac{0.6}{0.9}$$

$$\omega = 0.67 \qquad rad/s$$

กำลังที่กังหันผลิตได้นั้นจะเป็นผลคูณระหว่างความเร็วเชิงมุมกับแรงบิดที่กังหัน กำลังที่กังหันผลิตได้จะส่งไปขับโหลดได้ ซึ่งกำลังของกังหันจะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$P = T \times \omega$$

$$P = 233.28 \times 0.67$$

$$P = 155.31 \qquad W$$

หาประสิทธิภาพของใบพัดเนื่องมาจากลำของไหลพุ่งกระทบใบพัด

$$\eta = \frac{\rho AV(V-u)u}{\rho AV^3/2}$$

$$\eta = \frac{2(V-u)u}{V^2}$$

$$\eta = \frac{2(1.2-0.6)0.6}{1.2^2}$$

$$\eta = 0.50$$

$$\eta = 50\%$$

3.1.2 ขนาดของใบพัด

จากการคำนวณหาค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในหัวข้อที่ผ่านมา โดยการทดลองใช้ค่าความเร็วของกระแสน้ำที่ความเร็วต่าง ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ความเร็วของกระแสน้ำที่ความเร็วต่างๆ

V	**ความเร็ว (m/s)**
V_{max}	1.20
V_{min}	0.05
V_{pop}	0.45
V_{avg}	0.402
V_{mean}	0.275

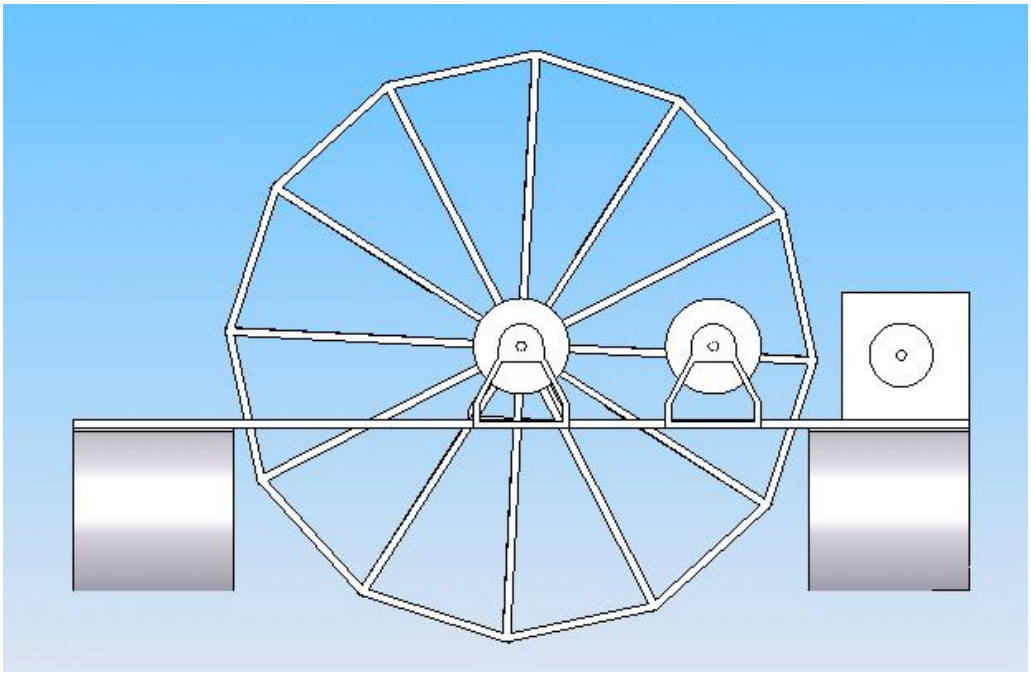
นำค่าความเร็วนี้ไปแทนลงในโปรแกรมคำนวณซึ่งให้ค่าอย่างอื่น เช่น ขนาดใบพัด รัศมีของกังหัน เป็นต้น เหมือนกันทุกความเร็ว จะได้ค่าแรงที่กระแสน้ำทำกับใบพัดออกมาได้ ในการพุ่งชนของกระแสน้ำทำให้กังหันหมุนรอบแกนเพลาและตำแหน่งของใบพัดจะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ตามเวลาที่เปลี่ยนไป ดังนั้นจึงแบ่งคำนวณเมื่อใบพัดหมุนมาอยู่ในองศาต่างๆ ดังรูปที่ 3.2 คือ 30,60,90,120,150 และ 180 องศา เพื่อจะคำนวณว่าเมื่อใบพัดเคลื่อนที่เปลี่ยนมุมไปจากเดิมจะทำให้แรงเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ ซึ่งผลที่ออกมานั้นการที่ใบพัดเปลี่ยนตำแหน่งไปในองศาต่างๆ ผลการคำนวณที่ได้จะมีค่าเท่ากันทุกองศา

ในขณะที่ทดลองเปลี่ยนทั้งความเร็วและองศาของใบพัด จำเป็นที่จะต้องทดลองใส่ขนาดของใบพัดทั้งความสูงและความยาวไปเรื่อยๆ คือที่ความเร็วหนึ่งๆจะทดลองใส่ค่าองศาของใบพัดที่ตำแหน่งต่างๆ และขนาดของใบพัดขนาดต่างๆ ด้วยเพื่อหาแรงออกมาและจะทดลองที่ความเร็วทุกค่าที่กำหนดไว้ในการคำนวณ การทดลองคำนวณใบพัดที่ขนาดต่างๆ กันนั้นจะมีปัจจัยหลายอย่างมาเป็นตัวกำหนด เช่น วัสดุที่นำมาใช้ทำใบพัด ขนาดโดยรวมของกังหัน ขนาดของวัสดุที่มีขายในท้องตลาด รวมทั้งกำลังม้าและความเร็วรอบที่กังหันผลิตได้ เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลการพิจารณาเลือกชนิดและขนาดของปั๊มน้ำที่เหมาะสมได้ ทั้งหมดนี้ล้วนแล้วแต่เป็นข้อจำกัดในการเลือกขนาดของใบพัดที่เหมาะสมได้

3.2 ปั้มน้ำ

กังหันน้ำสูบน้ำขับเคลื่อนได้ด้วยความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลเข้ากระแทกใบพัด ทำให้วงล้อกังหันหมุนขับส่งกำลังผ่านโซ่ซึ่งติดอยู่ที่เพลาวงล้อไปสู่เครื่องสูบน้ำสามารถสูบน้ำจากแม่น้ำลำธารไปใช้เพาะปลูกและอุปโภคได้ กังหันน้ำสูบน้ำแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ขับเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบ เพราะเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบใช้ความเร็วรอบไม่สูงนัก

ในการเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำนั้น จะใช้แรงม้าที่ได้จากกังหันเป็นตัวชี้บอกว่าควรจะใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเท่าใด อย่างเช่น จากการคำนวณกำลังของกังหันได้ 155.31 W จะเท่ากับ 0.2 แรงม้า เมื่อเราได้แรงม้าของกังหันแล้วก็จะนำไปเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมได้ ซึ่งเครื่องสูบน้ำแต่ล่ะขนาดจะมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการยกน้ำ หรือสูบน้ำด้วยความสูงและอัตราการไหลที่ต่างกันออกไปตามขนาดแรงม้าของเครื่องสูบน้ำแต่ล่ะเครื่อง



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของระบบส่งกำลังและปั้ม