บทที่ 3

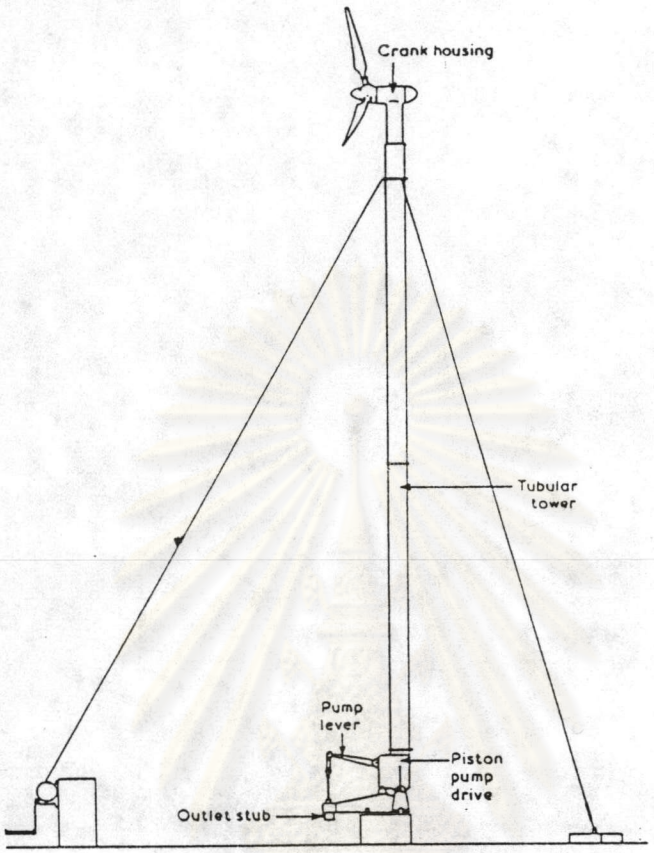
การเลือกเครื่องสูบน้ำ

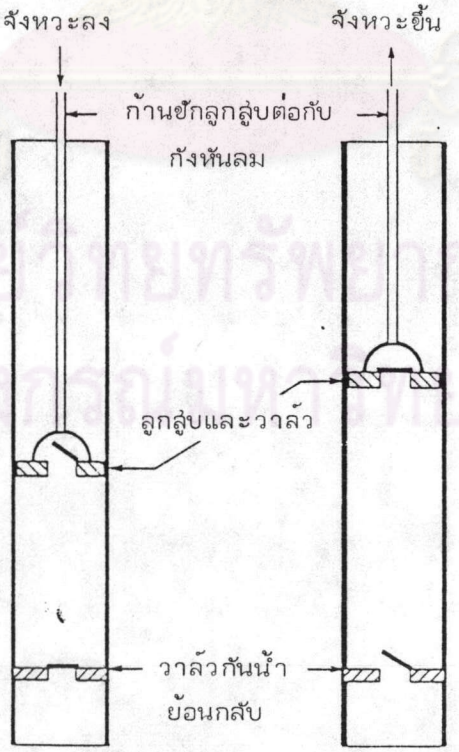
ในการศึกษาเรื่องนี้ได้นำข้อเสนอแนะการใช้เครื่องสูบน้ำจากเอกสารหมายเลข (4) ซึ่งได้กล่าวถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ เช่น ระยะหัวน้ำในการดูดการส่ง ประสิทธิภาพ แรงบิดเริ่มต้น ความเร็วรอบในการขับเครื่องสูบน้ำ และชนิดของวัสดุที่มาทำเครื่องสูบน้ำ เพื่อนำมาพิจารณาประกอบกับการที่จะเลือกมาใช้กับกังหันลม เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์กัน ซึ่งคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 3-1

ตาราง 3-1 คุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องสูบน้ำแบบต่างๆ (4)

Pump type	*Range of head*		*Efficiency (percentage)*	*Starting torque*	*Speed (rev/min)*	*Typical material*
	Suction (m)	*Discharge (m)*				
Piston	7	100	80	high	30	metal
Turbine	5	100	90 max.	low	1,400-2,000	metal
Ladder	0	3	35	medium	80	wood
Wood chain	0	4	50	medium	80	wood
Steel chain	0	30	50	medium	80	metal
Screw	0	5	60	low	30-400	wood
T-pump	7	0	60	low	400	metal
Inertia	0	4		low	80	metal
Piston	10	30	80	high	30	metal
Diaphragm	7	30		high	30	metal, leather
Rope and bucket	0	50	90	high	2	cloth, leather, metal
Double-acting piston	7	100	85	high	30	metal, plastic
Peristaltic	1.5	10	70	low	100	5-12 cm plastic, rubber
Paddlewheel	0	0.5	20	low	80	wood
Persian wheel	0	50	50	medium	4	metal
Spiral wheel	0	1	60	low	60	wood
Propeller	0	7	60	low	400-2,000	metal

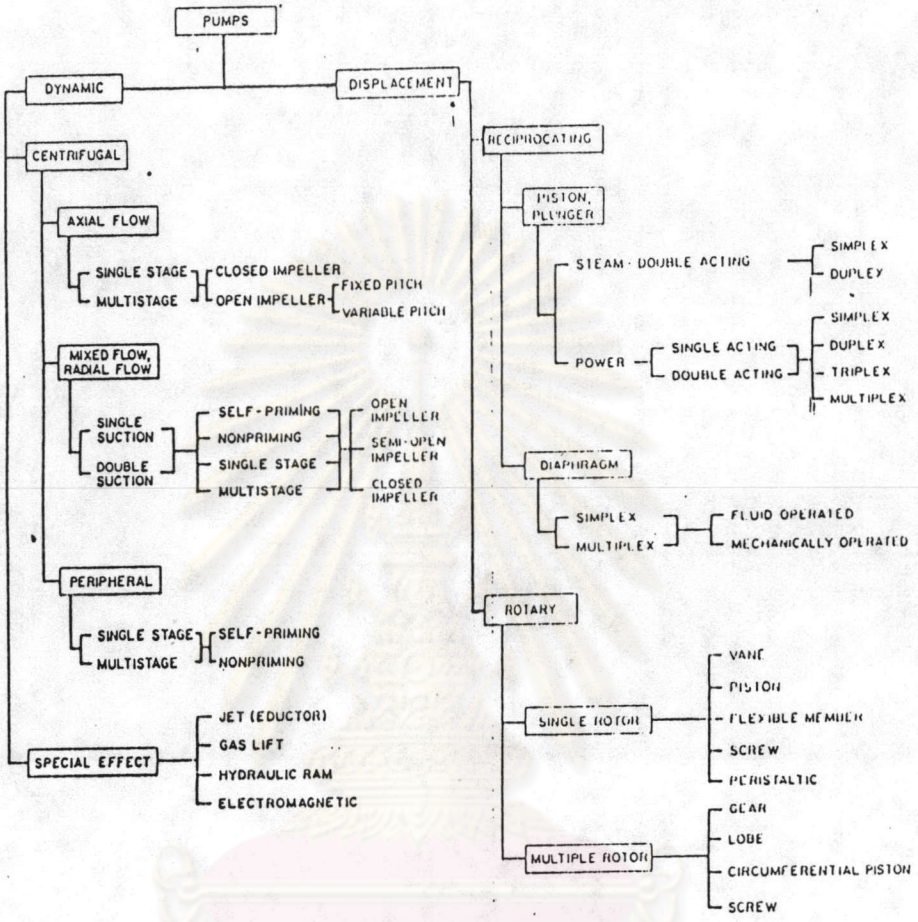
นอกจากนี้หากจะพิจารณาถึงประเภทและชนิดของเครื่องสูบน้ำตามรูปที่ 3-1 แล้วจะพบว่ากังหันลมสูบน้ำมักเป็นกังหันแกนแนวนอนแบบหลายใบหมุนขับเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบมากกว่าแบบอื่นๆ เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำที่จะเลือกใช้ จึงจะขอกล่าวเป็นหัวข้อๆ ดังนี้





ลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-1 การแบ่งประเภท-ชนิดของเครื่องสูบน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยง

การเลือกเครื่องสูบน้ำแบบนี้อาจจะเลือกแบบ Turbine Propeller หรือ T-pump หรือบางคนอาจจะนำเครื่องสูบน้ำหอยโข่งตัวเล็กๆ ไปติดปลายเพลาขับของกังหันลมแกนแนวดิ่ง เนื่องจากติดตั้งได้ง่าย แต่อาจจะไม่เหมาะสมเนื่องจากคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงจะได้ประสิทธิภาพสูงที่ความเร็วรอบที่สูงมากๆ ซึ่งมักไม่สมพันธ์กับกังหันลม ทฤษฎีของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยง ได้พิจารณาค่าของอัตราการไหล (Q) จะมีค่าเท่ากับพื้นที่ที่ของน้ำไหลออกจากใบพัดคูณด้วยความเร็วของน้ำไหลออกจากใบพัด (V_{f2}) ตามแนวรัศมี เขียนเป็นสมการได้คือ

$$Q = 2\pi r_2 b_2 V_{f2} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ

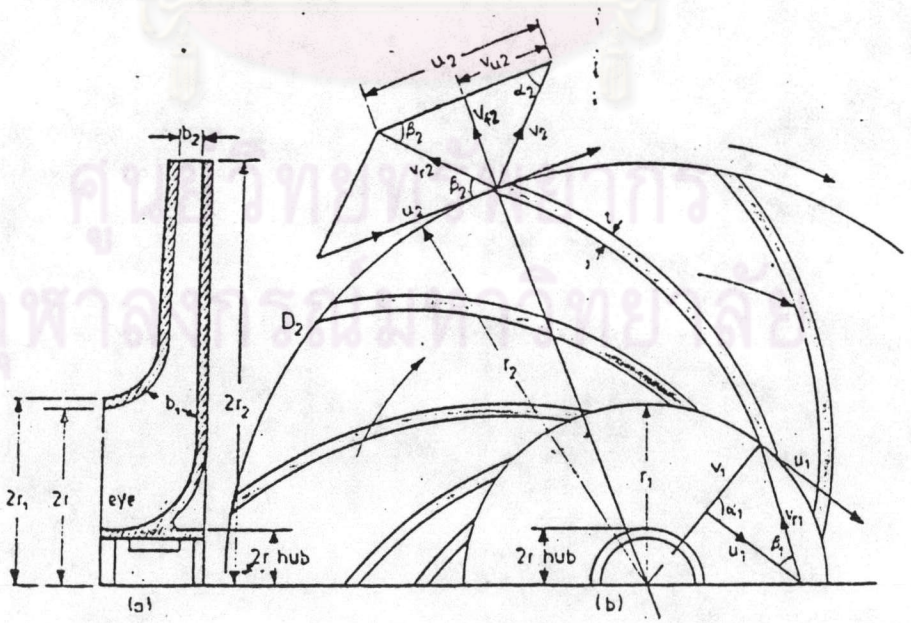
Q	คือ อัตราการไหล	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
r	คือ รัศมีของใบพัด	เมตร
b	คือ ความกว้างของใบพัด	เมตร
V_{f2}	คือ ความเร็วของน้ำที่ออกจากขอบใบพัดในแนวรัศมี	เมตร/วินาที

ในทำนองเดียวกัน หัวน้ำที่เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงสร้างขึ้นจะมีค่าเท่ากับ

$$H = U_2 \cdot V_{u2} \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ

H	คือ หัวน้ำที่เครื่องสูบน้ำทำได้	เมตร
u	คือ ความเร็วขอบใบพัดเครื่องสูบน้ำ	เมตร/วินาที
g	คือ แรงดึงดูดของโลก 9.81	เมตร/วินาที



รูปที่ 3-2 เวคเตอร์ความเร็วของน้ำเมื่อผ่านใบพัดเครื่องสูบน้ำ

จากความสัมพันธ์ของสมการ (3-1) และ (3-2) รวมกันเป็นกำลังขับที่เครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงส่งออกไป จะได้ตามสมการ

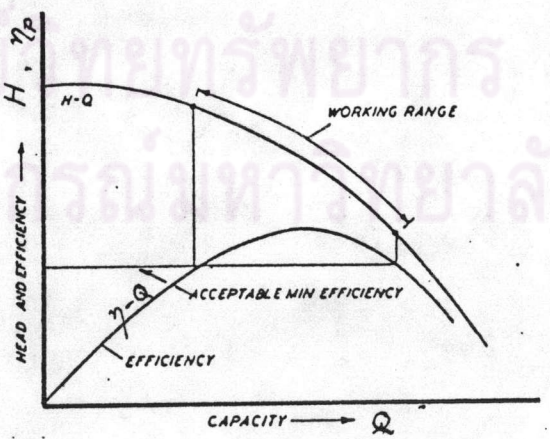
$$P_w = \gamma . H . Q \qquad (3-3)$$

หรือกำลังที่เครื่องสูบน้ำต้องการคือ

$$P_p = \frac{\gamma . H . Q}{\eta_p} \qquad (3-4)$$

เมื่อ

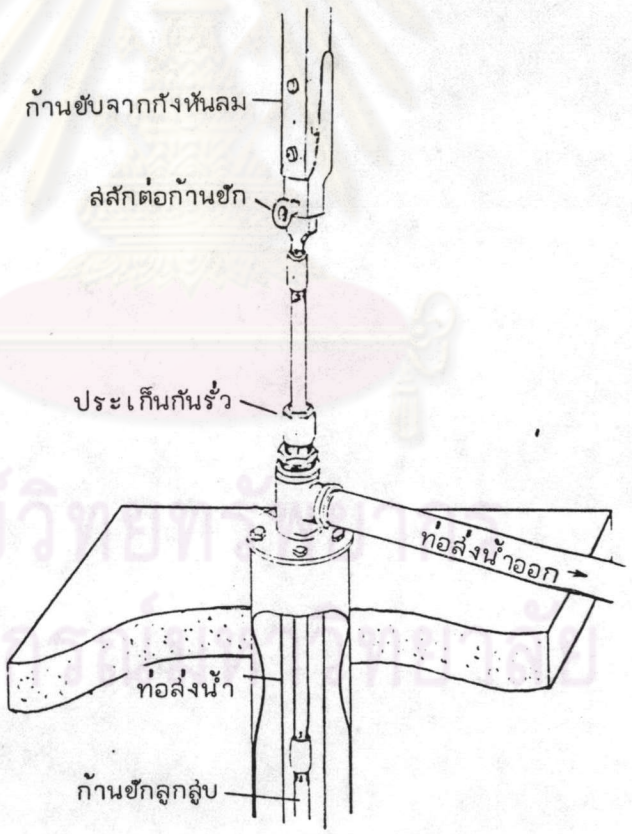
P_w	คือ กำลังที่เครื่องสูบน้ำส่งออก	วัตต์
P_p	คือ กำลังที่เครื่องสูบน้ำต้องการ	วัตต์
γ	คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ	นิวตัน/ลูกบาศก์เมตร
H	คือ หัวน้ำที่เครื่องสูบน้ำทำได้	เมตร
Q	คือ อัตราการไหล	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
η_p	คือ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ	%



รูปที่ 3-3 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยง เส้นโค้งบนเป็นเส้น H-Q และเส้นโค้งล่างเป็นเส้นประสิทธิภาพ

เครื่องสูบแบบลูกสูบ

เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบมักนิยมใช้กับกังหันลมแกนแนวนอน เพราะลักษณะการส่งถ่ายกำลังและแรงบิดทำได้ง่าย โดยการต่อการหมุนในแกนแนวนอนผ่านข้อเหวี่ยงลงมาเป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งเพื่อขับเคลื่อนลูกสูบในเครื่องสูบน้ำ นอกเหนือจากการใช้เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบต่อตรงกับข้อเหวี่ยงที่แกนกังหันลมแล้ว อาจนำเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบชนิดใช้มือโยกซึ่งมีราคาถูก (ชุดละ 400-600 บาท) และหาได้ง่ายในชนบท มาดัดแปลงต่อเข้ากับกังหันลมโดยตรงกับด้านชักลูกสูบ



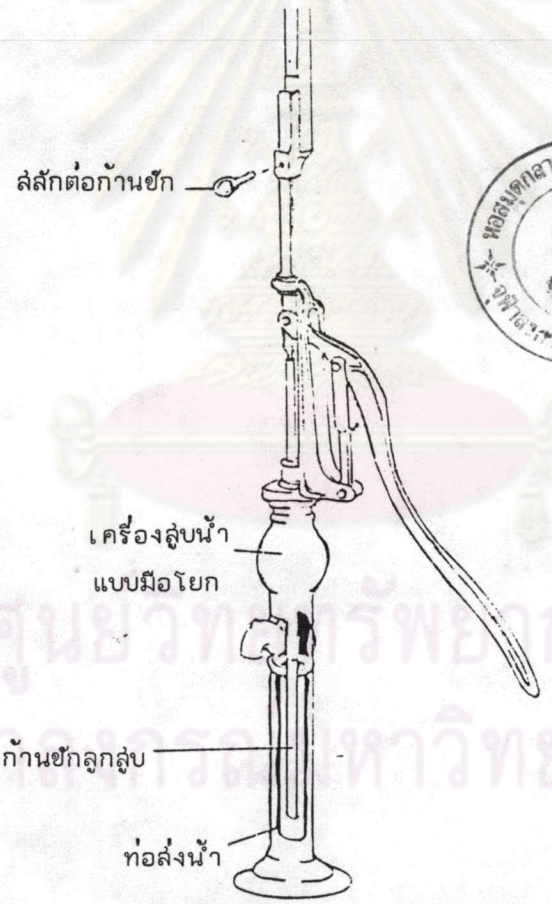
รูปที่ 3-4 ลักษณะการต่อเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบเข้ากับกังหันลม

สำหรับส่มการของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบเกี่ยวกับอัตราการไหลหาได้จาก

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot N \qquad (3\text{-}5)$$

เมื่อ

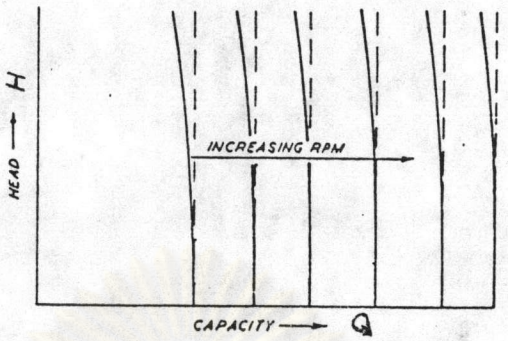
Q	คือ อัตราการไหล	ลูกบาศก์เมตร / วินาที
D	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ	เมตร
L	คือ ระยะชักของลูกสูบ	เมตร
N	คือ ความเร็วรอบของลูกสูบ	ครั้ง / วินาที



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-5 การดัดแปลงต่อก้านชับจากกังหันลมเข้ากับเครื่องสูบน้ำแบบมือโยก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

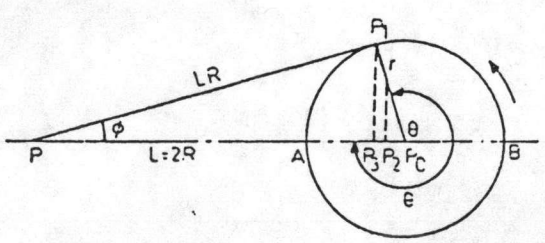


รูปที่ 3-6 กราฟแสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบและแบบโรตารี เส้นกราฟ H-Q จะอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งค่า Q จะมากขึ้นเมื่อ N มากขึ้น และค่า H จะมากขึ้นเมื่อกำลังขับมากขึ้น

รูปที่ 3-6 แสดงสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบเป็นเส้น H & Q จะพบว่าอัตราการไหล (Q) และแปรตามความเร็วรอบของลูกสูบ (N) ส่วนหัวน้ำ (H) ที่อัตราการไหลคงที่ใดๆ จะแปรตามกำลังอัดลูกสูบที่เครื่องสูบแบบลูกสูบจะรับได้ กำลังอัดนี้ก็จะสัมพันธ์กับแรงบิดที่รอบคงที่หนึ่งๆ ถ้าต้องการหัวน้ำสูงก็จะต้องมีแรงบิดสูงตามไปด้วย และเนื่องจากการทำงานของลูกสูบแบบลูกสูบจะมีส่วนที่ต้องเสียดทานกันอยู่ตลอดเวลา เช่น ลูกสูบกับกระบอกสูบ ดังนั้นความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบจึงทำงานที่รอบช้ากว่าเครื่องสูบน้ำแบบหมุนเหวี่ยงโดยกำลังอัดเท่ากับแรงบิดคูณกับความเร็วเชิงมุมของก้านยึกลูกสูบ ซึ่งความเร็วและความเร่งที่หัวลูกสูบของเครื่องสูบแบบลูกสูบ ในกรณีการเคลื่อนที่เป็นแบบ Simple hamonic จะมีค่าตามสมการข้างล่าง

ความเร็วที่ลูกสูบ $$V = \frac{dx}{dt} = \omega r \sin \omega t = \omega r \sin \theta \qquad (3\text{-}6)$$

ความเร่งที่ลูกสูบ $$a_c = \frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 r \cos \omega t = \omega^2 r \cos \theta \qquad (3\text{-}7)$$



รูปที่ 3-7 การเคลื่อนที่ของลูกสูบซึ่งสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของเพลาข้อเหวี่ยง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องสูบแบบโรตารี่

จากรูปที่ 3-1 จะเห็นว่าเครื่องสูบแบบโรตารี่ยังแบ่งออกเป็นรูปร่างต่างๆ มากมาย ในงานวิจัยนี้ได้เลือกแบบ Rotary, Sliding vane pump เนื่องจากเป็นเครื่องสูบที่มีขายในท้องตลาดตามร้านขายเครื่องเหล็กทั่วๆ ไป ซึ่งนิยมเรียกกันทั่วๆ ไปว่าปั๊มมือหมุนใช้กับถังน้ำมัน ราคาประมาณชุดละ 350.- บาท การนำมาใช้กับกังหันลมก็ใช้ต่อข้อต่อจากปลายเพลากังหันลมกับแกนปั๊มมือหมุนนี้ โดยจะให้สมรรถนะการทำงานคล้ายเครื่องสูบน้ำลูกสูบ เนื่องจากเป็น positive displacement pump เช่นเดียวกัน ตามรูปที่ 3-6 ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องสูบน้ำแบบโรตารี่จะประกอบไปด้วยใบพาซึ่งทำหน้าที่พาน้ำจากทางด้านดูดเบียดไปตามช่องว่างระหว่างใบพากับผนังเสื้อสูบได้เป็นปริมาตรน้ำแต่ละช่องใบพาไหลออกทางด้านส่งออกซึ่งถ้าโรเตอร์ของปั๊มน้ำหมุนได้เร็วเท่าใดก็ตามก็จะได้อัตราการไหลมากขึ้นเท่านั้น และความสูงของน้ำก็จะมากตามกำลังและแรงบิดที่หมุนขับโรเตอร์ปั๊มที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบที่หมุนด้วย

ในทางทฤษฎีอัตราการไหลของน้ำที่ได้จากเครื่องสูบน้ำแบบโรตารี่ อาจจะอาศัยสมการดังต่อไปนี้คือ

$$Q_{th} = K(D^2 - C^2) \quad W \cdot N \qquad (3\text{-}8)$$

เมื่อ

Q_{th} คือ อัตราการไหลทางทฤษฎีของเครื่องสูบน้ำ

K คือ ค่าคงที่ (หรือสัมประสิทธิของโรเตอร์) ขึ้นอยู่กับรูปร่าง และการจัดวางโรเตอร์

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของโรเตอร์ (ใบพา)

C คือ ระยะห่างของศูนย์กลางของโรเตอร์ (ใบพา)

W คือ ความกว้างของโรเตอร์ (ใบพา)

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ

ในทางปฏิบัติเมื่อนำเครื่องสูบน้ำไปใช้กับกังหันลมหรือเครื่องต้นกำลังใดๆ ก็ตาม ที่มีความเร็วรอบไม่คงที่ หรือทำงานด้วยความเร็วรอบที่กำหนดออกแบบไว้ อัตราการไหลของน้ำที่ได้จะน้อยกว่าอัตราการไหลทางทฤษฎีที่คำนวณออกแบบเอาไว้ เนื่องจากเกิดการสลิปขึ้นภายใน ดังนั้นอัตราการไหลในทางปฏิบัติจริงจะมีค่าเท่ากับ

$$Q_{act} = Q_{th} - Q_{slip} \qquad (3\text{-}9)$$

เมื่อ

Q_{act} คือ อัตราการไหลในทางปฏิบัติจริง

Q_{th} คือ อัตราการไหลทางทฤษฎี

Q_{slip} คือ อัตราการไหลของน้ำที่หายไปเนื่องจากผลของการสลิป (Slip)

ในกรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทดลองเลือกเครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพามาใช้กับกังหันลมใบอ่อนแกนดิ่งชุดนี้ เนื่องจาก

1. ติดตั้งควบคู่กับเพลาหมุนของกังหันลมแกนดิ่งได้ง่ายกว่า โดยการต่อตรงระหว่างเพลากังหันลมกับแกนของเครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพา

2. สามารถลดการสูญเสียทางกล เนื่องจากระบบส่งถ่ายกำลังจากการหมุนของกังหันลมแนวดิ่งจะต้องมีระบบทางกลเพื่อเปลี่ยนทิศทางจากการหมุนของกังหันเข้าสู่การเคลื่อนที่ขึ้นลงของเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบ

3. โครงสร้างของเครื่องสูบน้ำโรตารี่แบบใบพาจะทนทานต่อการสึกหรอได้ดีกว่าลูกสูบในเครื่องสูบน้ำแบบมือโยก

4. สามารถใช้กับน้ำซึ่งมีสารแขวนลอยหรือมีตะกอนบ้าง เนื่องจากใบพาจะขับน้ำให้ไหลผ่านช่องว่างระหว่างใบพาและเสื้อสูบตลอดเวลา

5. ราคาถูก หาซื้อได้ง่ายในร้านขายเครื่องเหล็กทั่วๆ ไป