บทที่ 1
บทนำ

การผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันใช้ต้นกำลังจากรูปแบบต่างๆ ซึ่งพลังงานจากน้ำที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้จากเขื่อนกักเก็บน้ำซึ่งจะได้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการสร้างเขื่อนทำได้ยาก จึงมีการใช้พลังงานน้ำจากแหล่งน้ำขนาดเล็ก เช่น น้ำตก ฝาย จากการไหลของแม่น้ำ เป็นต้น แต่ยังไม่พบว่ามีการนำแรงดันจากการไหลของน้ำในท่อมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า จึงมีแนวความ คิดที่จะนำแรงดันน้ำในท่อมาผลิตไฟฟ้า โดยพลังงานฟ้าที่ผลิตได้จะถูกใช้สำหรับหลอดไฟฟ้าส่องสว่าง หรือการชาร์จเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ต่อไป หลักการนำเสนอนี้ จะอาศัยแรงดันน้ำที่เกิดจากเครื่องสูบน้ำสำหรับน้ำพุที่มีอยู่แล้ว และใช้งานเป็นประจำ เป็นตัวขับเคลื่อนกังหันที่ต่อพ่วงกับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เกิดกำลังงานไฟฟ้าขึ้น จึงนับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำอีกทางหนึ่ง โครงงานนี้จึงจะเป็นการประดิษฐ์ชุด “ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากแรงดันน้ำในท่อ”

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

(1) ศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ
(2) ศึกษาความดันในท่อน้ำ และความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก
(3) ออกแบบกังหันน้ำ และอุปกรณ์ประกอบที่เกี่ยวข้อง
(4) ออกแบบระบบการเชื่อมต่อระหว่างกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
(5) สร้างและทดสอบชุดระบบการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากพลังน้ำในท่อ

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) สามารถนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาเป็นพลังงานสำรองในยามที่กระแสไฟฟ้าขัดข้องได้
(2) สามารถนำพลังงานน้ำบริเวณที่มีท่อน้ำหรือน้ำพุนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้
(3) เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย
(4) ทำให้เกิดการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่เกิดจากโครงงานและนำความรู้ที่ได้จากวิชาโครงงานไปประยุกต์ใช้ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมในอนาคตได้

1.3 ขอบเขตโครงงาน

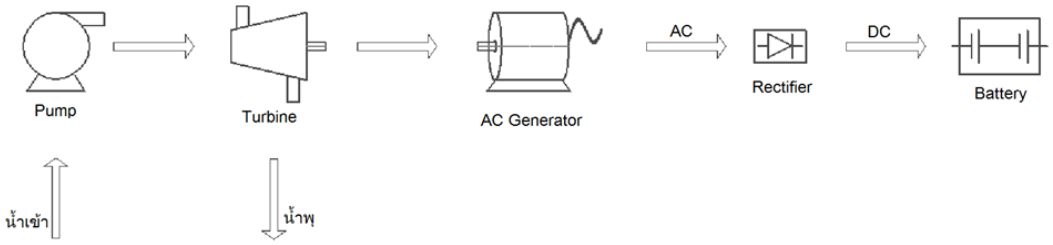
(1) ออกแบบชุดต้นกำลังเพื่อเป็นต้นกำลังในการขับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(2) สร้างตัวถังชุดสาธิตระบบปิดการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากแรงดันน้ำในท่อ

(3) ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

(4) สร้างชุดวงจรสำหรับประจุไฟฟ้าให้แบตเตอร์รี่ขนาด 12V

1.4 โครงสร้างของโครงงาน



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของโครงงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่จะนำมาใช้ในการทำโครงงานนี้ เป็นการศึกษาหาข้อมูล เพื่อจะได้ความรู้มาวิเคราะห์ เพื่อที่จะนำไปใช้กับการทำโครงงานต่อไป

2.1 เครื่องสูบน้ำ การเลือกเครื่องสูบน้ำ [1] [5]

ถ้าจะเลือกเครื่องสูบน้ำมาใช้งานให้เหมาะสมกับการใช้งานหรือใช้งานทั่วไปแล้ว ควรคำนวณตามหลักการจริงๆ ซึ่งจำเป็นต้องรู้พื้นฐานต่างๆของเครื่องสูบน้ำด้วย หน่วยวัดต่างๆที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำ การดูตารางความสามารถของเครื่องสูบน้ำ แรงดันสูญเสียภายในท่อ หากไม่เข้าใจก็อาจจะทำให้การเลือกเครื่องสูบน้ำเกิดการผิดพลาดได้ หรืออาจจะเลือกมาไม่เหมาะสมกับงาน

2.1.1 หน่วยวัด

(1) หน่วยวัดการไหลของน้ำ ที่เครื่องสูบน้ำสามารถทำได้ หน่วยที่นิยมใช้มีดังนี้

- ลิตรต่อนาที $(L/\min)$ (หมายความว่าภายใน 1 นาทีมีน้ำไหลผ่านได้ 1 ลิตร)
- ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (m^3/hr) (หมายความว่าภายใน 1 ชั่วโมงมีน้ำไหลผ่านได้ 1 ลูกบาศก์เมตร)

(2) หน่วยวัดความสูง ที่เครื่องสูบน้ำสามารถส่งน้ำขึ้นไปในแนวตั้งได้ หน่วยวัดที่นิยมใช้คือ เมตร (m)

(3) หน่วยวัดกำลังมอเตอร์ของปั๊มน้ำ มี 2 หน่วยวัดด้วยกันคือ

- แรงม้า (hp) (ประมาณ 750 วัตต์ = 1 แรงม้า)
- กิโลวัตต์ (kW) (1000 วัตต์ = 1 กิโลวัตต์)

สำหรับหน่วยเอสไอ (SI Units) กำลังวัดเป็นหน่วยวัตต์ (W) หรือหน่วยใหญ่ที่นิยมใช้กันคือ กิโลวัตต์ $(Kilowatt : kW)$ หนึ่งกำลังม้ามีค่าเท่ากับ $0.746\,kW$ หรือ $1\ kW$ เท่ากับ $1.34\,hp$

2.1.2 ขนาดของท่อ (Pipe)

ขนาดของท่อและชนิดของท่อมีความสำคัญในการใช้งาน ขนาดของท่อที่เล็กย่อมทำให้น้ำไหลผ่านได้น้อย ท่อที่ใหญ่ย่อมผ่านได้มากกว่า ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ท่อให้เหมาะสมตามความต้องการของงาน

ตารางที่ 2.1 การเลือกใช้ท่อให้เหมาะสมกับกับการใช้งาน

ขนาดท่อ		เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	ความหนา (THICKNESS)			อัตราการไหลสูงสุด (m^3/s)	อัตราการไหลสูงสุดโดยประมาณ (m^3/s)
นิ้ว	mm		PVC5	PVC8.5	PVC13.5		
½	18	22 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	2.5 ± 0.20	1,405	1.41
¾	20	26 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	2.5 ± 0.20	2,054	2.05
1	25	24 ± 0.15	-	2.0 ± 0.20	3.0 ± 0.25	3,819	3.82
1 ¼	35	42 ± 0.15	1.5 ± 0.15	2.0 ± 0.20	3.1 ± 0.25	6,127	6.13
1 ½	40	$48 \pm 0.1.5$	1.5 ± 0.15	2.3 ± 0.20	3.5 ± 0.25	7,992	7.99
2	55	60 ± 0.15	1.8 ± 0.20	2.9 ± 0.25	4.3 ± 0.30	12,464	12.46
2 ½	65	76 ± 0.20	2.2 ± 0.20	3.5 ± 0.25	5.4 ± 0.35	27,700	27.70
3	80	89 ± 0.20	2.5 ± 0.20	4.1 ± 0.30	6.4 ± 0.40	45,538	45.54
4	100	114 ± 0.30	3.2 ± 0.25	5.2 ± 0.35	8.1 ± 0.50	68,649	68.65
5	125	140 ± 0.30	3.9 ± 0.30	6.4 ± 0.40	9.9 ± 0.55	95,464	95.46
6	150	165 ± 0.40	4.6 ± 0.30	7.5 ± 0.45	11.7 ± 0.65	27,700	27.70

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างความสามารถของเครื่องสูบน้ำ

Model	Motor		Voltage	Q = Capacity (m^3/hr , $L/\min$)									ขนาดท่อเข้า	ขนาดท่อออก
	KW	HP	220v. 50hz	m^3/hr	0.6	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8	6	
				L/min	10	20	30	40	50	60	70	80	100	
VJ100	0.74	1	4.7	Head (M.)	48	43	38	33	25	10				1"	1"
VJ150	1.1	1.5	8.2		61	59	57	54	50	46	40			1.1/2"	1"
VJ200	1.65	2.2	10.3		61	59.5	58	56	54	51	49	46	40	1.1/2"	1"

จากตารางที่ 2.2 ความสามารถของเครื่องสูบน้ำข้างต้น ค่าอัตราการไหลที่ทำให้เครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ 40 L/min

(1) ถ้าต้องการเครื่องสูบน้ำขนาด 1.5 แรงม้าใช้งานก็ต้องเลือกรุ่น VJ150 ซึ่งปั๊มน้ำตัวนี้จะมีจุดที่ใช้งานดีที่สุดอยู่ที่ $50\,m.$ จ่ายน้ำได้ $40\,L/\min$ หรือ $2.4\,m^3/hr$

(2) ถ้าต้องการเครื่องสูบน้ำที่สามารถส่งน้ำสูงได้ $50\,m.$ ต้องการน้ำที่ $40\,L/\min$ ควรเลือกรุ่น VJ150 สาเหตุที่ไม่เลือกรุ่น VJ200 ซึ่งดูจากตาราง ก็สามารถส่งน้ำสูงได้ $54m.$ นอกจากนี้ยังได้ปริมาณน้ำมากกว่า ก็เพราะว่าการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำควรเลือกเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับงานให้มากที่สุด ถ้าเลือกเครื่องสูบน้ำที่มีแรงดันสูงเกินไป ก็อาจจะสิ้นเปลือง แต่ถ้าเลือกเครื่องสูบน้ำที่มีแรงดันน้อยไป ก็จะไม่สามารถใช้กับของที่เราต้องการใช้ได้

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติควรเพิ่มแรงดันของเครื่องสูบน้ำ (ความสามารถในการส่งสูง) เพิ่มไปอีก $30-50\%$เนื่องจากการต่อข้อต่อต่างๆรวมถึงระยะทางในการส่ง ขนาดมีผลต่อการเกิด Head Loss

2.2 กลศาสตร์ของไหล

กลศาสตร์ของไหลเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับการนำของไหลซึ่งเป็นสารทำงานมาใช้ประโยชน์ในทางกล ประโยชน์เพื่อความสะดวกในการทำงานของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระบบท่อส่งในบทนี้จะกล่าวถึงของไหลที่อัดตัวไม่ได้ ก็คือน้ำซึ่งจะเป็นการนำพลังงาน ที่ได้จากการไหลของน้ำมาใช้ประโยชน์

2.2.1 คุณสมบัติของน้ำ

ความหนาแน่น (Density) "ρ" เป็นคุณสมบัติที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลต่อปริมาตรของของไหลนั้น

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{2.1}$$

โดยที่ $\rho =$ ความหนาแน่น (kg/m^3)

$m =$ มวล (kg)

$v =$ ปริมาตร (m^3)

กรณีการไหล คือ น้ำ $1\,(m^3)$ จะมีน้ำหนัก $1{,}000\,kg$ แต่จริงๆแล้วความหนาแน่นของน้ำจะเป็น Function กับอุณหภูมิ $\rho = 1{,}000\ kg/m^3$ น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight)
"γ" หมายถึง ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบน้ำหนัก ต่อปริมาตรของไหล

$$\gamma = \frac{w}{v} \tag{2.2}$$

โดยที $\gamma =$ น้ำหนักจำเพาะ (N/m^3)
$w =$ น้ำหนัก (N)

2.2.2 ความดัน (Pressure)

ขณะของไหลอยู่ในสภาวะนิ่งเฉย ความดันภายในของไหลจะมีค่าเท่ากับแรงกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของของไหลในทางปฏิบัติแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

(1) ความดันเกจบวกคือ ค่าความดันของไหลที่มีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศ

(2) ความดันเกจลบหรือ ความดันสุญญากาศ คือ ค่าความดันของของไหลที่มีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

$$P = \frac{F}{A} \tag{2.3}$$

โดยที่ $P =$ ความดัน (N/m^2)
$F =$ แรงกระทำ (N)
$A =$ พื้นที่ (m^2)

2.2.3 อัตราการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)

ของไหลขณะไหลในท่อกรณีที่เป็นแบบ Steady Flow หรือไหลอย่างสม่ำเสมอวัดค่าการไหลได้ 3 ลักษณะ

(1) อัตราการไหลโดยปริมาตร (Volume Flow Rate)

$$Q = Av \tag{2.4}$$

โดยที่ $Q =$ อัตราการไหล (m^3/s)

$v =$ ความเร็วของการไหล (m/s)

(2) อัตราการไหลโดยประมวล (Mass Flow Rate)

$$\frac{dm}{dt} = \rho Q \tag{2.5}$$

โดยที่ $\frac{dm}{dt} =$ อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)

(3) อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (Weight Flow Rate)

$$\frac{dW}{dt} \tag{2.6}$$

โดยที่ $\frac{dW}{dt} =$ อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (N/s)

สมการการไหลต่อเนื่องกรณีที่มีความหนาแน่นและอุณหภูมิคงที่ไหลผ่านท่อจะได้ว่ามวลที่ไหลเข้าระบบ หรืออุปกรณ์ที่รองรับการไหลของของไหลจะมีค่าเท่ากับมวลที่ไหลจากระบบ

2.2.4 พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการไหล

สมการพลังงานเป็นสมการที่เกิดขึ้นกับของไหลที่เคลื่อนที่ประกอบด้วยพลังงานจากความดัน ความเร็ว และความแตกต่างของตำแหน่งดังนี้

(1) พลังงานจากความดัน คือ ความดันของของไหลในแนวตั้ง

$$\rho\ \gamma\ h \tag{2.7}$$

โดยที่ $h =$ ความสูงของผิวน้ำ (m)

(2) พลังงานจลน์ คือ พลังงานอันเนื่องมาจากความเร็วขนาดไหล

$$KE = \frac{v^2}{2g} \tag{2.8}$$

โดยที่ $KE =$ พลังงานจลน์ (J)

$g =$ ความเร่งในแนวดิ่ง (m/s^2)

$v =$ ความเร็ว (m/s)

(3) พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่เกิดจากน้ำหนักของของไหลที่ระดับอ้างอิง

$$PE = WZ \tag{2.9}$$

โดยที่ $PE =$ พลังงานศักย์ (J)

$Z =$ เป็นระยะที่วัดจากระนาบอ้างอิง (m)

กรณีที่การไหลคงที่ไม่มีความเสียดทาน สมการพลังงานของของไหลจากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 จะใช้สมการของเบอร์นูลลี่ในการคำนวณดังนี้

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \tag{2.10}$$

ภาพที่ 2.1 การไหลของน้ำผ่านท่อ

2.2.5 ความดันสูญเสีย

เมื่อของไหลเคลื่อนที่ในท่อกลมจะเกิดค่าความดันสูญเสียแยกออกได้สองลักษณะ คือ ความสูญเสียหลัก เป็นความสูญเสียที่เกิดจากการเสียดทานระหว่างการไหลที่ไหลในท่อและผนังท่อ ความสูญเสียรอง เป็นความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในขณะที่ของไหลๆ ผ่านข้อต่อ วาล์ว อุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งการไหลผ่านท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด การสูญเสียหลักขณะที่ของไหลๆ ผ่านท่อสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$h_L = f\frac{Lv^2}{D2g} \tag{2.11}$$

โดยที่ $h_L =$ ความดันสูญเสีย (m)

$f =$ ตัวประกอบความเสียดทาน

$L =$ ความยาวท่อ (m)

$D =$ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

2.2.6 การไหลผ่านเทอร์ไบน์ของน้ำ

การไหลของน้ำผ่านท่อไปยังเทอร์ไบน์ โดยตัวเทอร์ไบน์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ที่เกิดจากการไหลของน้ำให้พลังงานกลตามสมการของเบอร์นูลลี่ สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$h_2 = h_1 - h_r \tag{2.12}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 - h_r = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \tag{2.13}$$

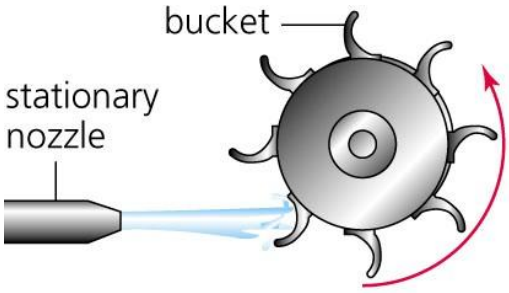
$$P_w = \gamma Q h_r \tag{2.14}$$

$$\eta_r = \frac{P_w}{\gamma . Q . h_r} \times 100\% \tag{2.15}$$

โดยที่ h_r = ความสูงของตัวเทอร์ไบน์

2.3 คุณสมบัติของกังหัน

กังหันน้ำเป็นเครื่องจักรกลของไหลชนิดที่ดึงพลังงานออกจากของไหลที่เป็นน้ำ กังหันน้ำโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ กังหันแบบปฏิกิริยา (Reaction Turbine) และกังหันแบบแรงกระแทก (Impulse Turbine) กังหันแบบแรงปฏิกิริยาจะทำหน้าที่ดึงพลังงานออกจากของไหลโดยที่ของไหลจะไหลเต็มตลอดใบพัด และมีการเปลี่ยนแปลงความดันภายในใบพัด กังหันแบบแรงปฏิกิริยาจะแบ่งออกได้ตามลักษณะการไหล เป็นกังหันแบบไหลตามแกน กังหันแบบการไหลผสม และกังหันแบบการไหลตามแนวรัศมี ในขณะกังหันแบบแรงกระแทกจะเป็นตัวดึงพลังงานออกจากของไหล โดยที่เปลี่ยนพลังงานของของไหลจากที่สูงให้กลายเป็นของไหลที่มีความเร็วสูงผ่านตัวหัวฉีด ของไหลที่มีความสูงเคลื่อนที่ไปกระแทกใบพัดทำให้หมุน ช่วงที่ของไหลกระแทกใบพัดจะมีความดันในของไหลค่อนข้างคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำไหลที่ใบพัดแต่จะเปลี่ยนค่าความดันที่หัวฉีดกังหันน้ำที่มีลักษณะการไหลตามแนวแกน มักถูกเรียกว่า กังหันแบบทรานซีส (Francis Turbine) กังหันที่มีลักษณะการไหลตามแนวแกนมักถูกเรียกว่า กังหันแบบพรอแพลเลอร์ (Propeller Turbine) ซึ่งอาจจะเป็นชนิดใบที่ยึดอยู่กับที่ หรือชนิดที่สามารถปรับตำแหน่งของใบได้ ซึ่งชนิดหลังมักเรียกว่า กังหันแบบคาปลาน (Kaplan Turbine) และจากการพิจารณาจากค่าความเร็วจำเพาะของกังหันน้ำชนิดต่างๆ จะพบว่ากังหันแบบแรงกระแทกจะมีค่าความเร็วจำเพาะต่ำที่สุด ดังนั้นหากกังหันน้ำจะต้องถูกกำหนดให้ทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ของไหลอยู่ในสภาวะที่มีค่าความสูง แต่ต้องการกำลังงานต่ำ ซึ่งจะทำให้มีค่าความเร็วจำเพาะต่ำหากนำเอากังหันแบบแรงปฏิกิริยามาใช้ ด้วยค่าที่สูงสุด จะทำให้กังหันนั้นต้องหมุนด้วยความเร็วสูง และยังจะเกิดความดันสูงขึ้นในส่วนของใบพัดด้วย ซึ่งก็ทำให้ต้องสร้างโครงสร้างของเรือนกังหัน ด้วยโครงสร้างที่หนาเพื่อทนความดันใช้งานดังกล่าวในกรณีดังกล่าวกังหันแบบแรงกระแทกจะเหมาะสมมากกว่า

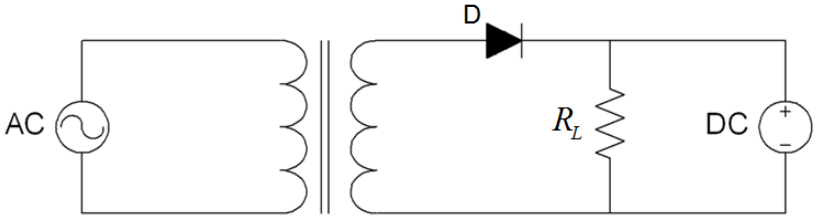


ภาพที่ 2.2 กังหันน้ำแบบแรงกระแทก

2.4 วงจรเรียงกระแส [1]

2.4.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half wave rectifier)

วงจรเร็คติไฟร์เออร์ คือ วงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงอุปกรณ์ที่นิยมใช้ได้แก่ไดโอด

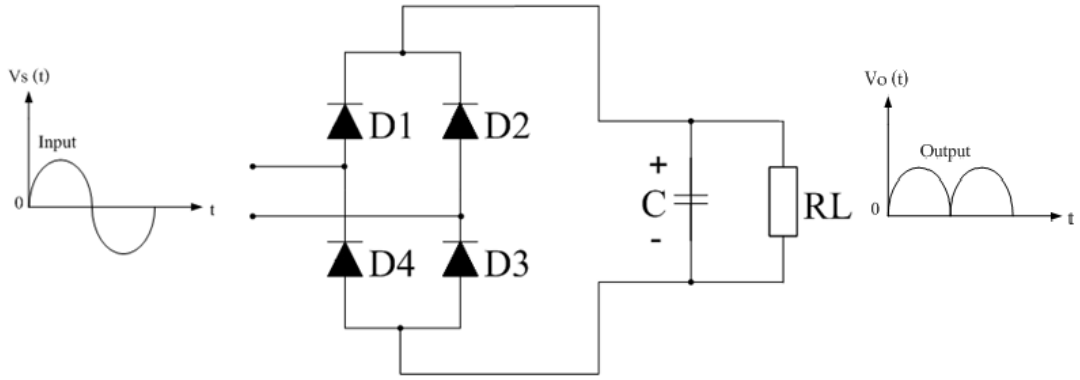


ภาพที่ 2.3 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับไฟฟ้าให้วงจรเรียงกระแส เมื่อสัญญาณในซีกลบกลับเข้ามาไดโอดจะได้รับไบแอสกลับ จึงไม่มีกระแสไหลในวงจร แรงดันตกคร่อมเท่ากับศูนย์ และเมื่อสัญญาณในซีกบวกเข้ามา ไดโอดจะถูกไบแอสตรง ทำให้มีกระแสไหลในวงจร ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_L ตามสัญญาณอินพุต ดังนั้นวงจรจะยอมให้สัญญาณในซีกบวกผ่านได้เท่านั้น สัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาเป็นสัญญาณครึ่งไซเคิลที่เรียกว่าครึ่งคลื่น (Half Wave) วงจรครึ่งคลื่นจะสามารถจ่ายกระแสให้กับโหลด ได้เพียงในช่วงไซเคิลที่เป็นบวกเท่านั้น ดังนั้นวงจรนี้จึงใช้จ่ายกระแสไฟให้โหลดได้ไม่เต็มที่นักแรงดันเอาท์พุตโดยประมาณ $V_{DC} = 0.318 V_p$

2.4.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรที่ใช้สัญญาณแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่งคือวงจรแบบบริดจ์ แต่ที่ต่างกันคือ ในวงจรบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงจะเป็นแบบไม่มีเซ็นเตอร์แท็ป



ภาพที่ 2.4 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

จากรูปเมื่อมีสัญญาณไฟซีกบวกเข้ามาที่จุด A จะทำให้ที่ D_2 และได้รับไบแอสตรง กระแสไฟจะไหลผ่าน D_2 โหลด R_L และ D_4 ครบวงจรที่จุด B ในขณะเดียวกันที่ D_1 และ D_3 จะได้รับไบแอสกลับทำให้ไดโอดไม่นำกระแส และเมื่อที่จุด B มีสัญญาณไฟซีกบวกเข้ามากระแสจะไหลผ่าน D_2 โหลด R_L และ D_1 ครบวงจรที่จุด A แต่ในขณะเดียวกันที่ D_2 และ D_4 จะไม่นำกระแส วงจรบริดจ์จะให้สัญญาณเอาท์พุตเหมือนวงจรเต็มคลื่นแรงดันเอาท์พุต โดยประมาณมีค่าเท่ากับ $V_{DC}\ (FullWave) = 0.636\ V_P$

2.5 แบตเตอรี่และการประจุแบตเตอรี่ [2]

แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมี ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงโดยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบพร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Solution) ซึ่งแบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ พื้นฐานของแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย ขั้วบวก ขั้วลบ มีสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) และมีแผ่นกั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ขั้วบวกและลบสัมผัสกันโดยตรง โดยที่แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่มีแรงดันเท่ากับ 2V ดังนั้นแบตเตอรี่ 12V จึงประกอบด้วย 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้ ซึ่งการต่อแบตเตอรี่มีดังต่อไปนี้

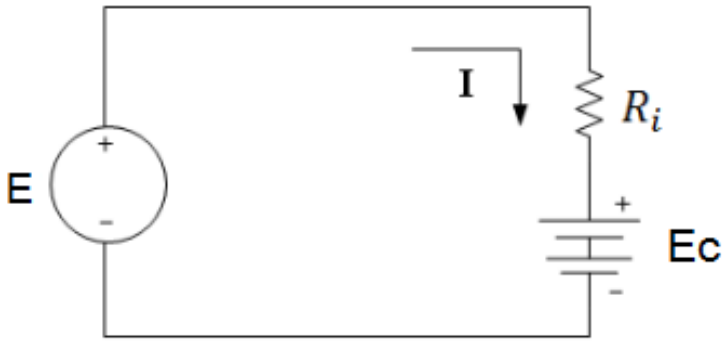
2.5.1 การประจุแบบแรงดันคงที่

จากที่ได้ทราบมาแล้วว่า การประจุแบบกระแสคงที่ จะทำการประจุอย่างรวดเร็วไม่ได้ จึงมีการได้ศึกษาถึงการประจุแบบแรงดันคงที่ในการประจุแบบนี้ จะใช้ระยะเวลาในการประจุน้อยกว่าการประจุในแบบแรก หรือทำการประจุได้อย่างรวดเร็วกว่านั้นเอง ระยะเวลาในการประจุจะเร็วเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องประจุจะต้องจ่ายกระแสออกมาได้ 50% ของแบตเตอรี่มาทำการประจุ เช่น แบตเตอรี่ขนาด $100\,Ah$ จะใช้เวลาในการประจุเท่ากับ $2\,h$

การประจุแบตเตอรี่เกิดจาก การนำแบตเตอรี่ที่ถูกเอานำพลังงานออกไปใช้จนประจุลดลง จึงต้องมีการประจุไฟให้แบตเตอรี่จนมีประจุเติมดังเดิม การประจุแบตเตอรี่โดยระบบแรงดันคงที่ทำได้โดยการใช้เครื่องประจุหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นตัวกำเนิดแรงดันขึ้นมาแล้วเข้าแบตเตอรี่ แต่การกำเนิดแรงดันจากเครื่องประจุหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อาจจะมีแรงดันที่ไม่คงที่ และนับว่าเป็นวงจรที่สำคัญยิ่งสำหรับการประจุ ซึ่งตัวนี้เราเรียกกันทั่วไปว่า วงจรเร็คกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) ดังนั้น วงจรเร็คกูเลเตอร์จะทำหน้าที่ให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุที่คงที่ และนับว่าเป็นวงจรที่สำคัญยิ่งสำหรับการประจุแบบแรงดันคงที่ และในทำนองเดียวกัน ถ้าหากวงจรเร็คกูเลเตอร์นี้เสีย จะทำให้แบตเตอรี่ได้รับระดับแรงดันในการประจุที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับแรงดันในการประจุมากหรือน้อยเกินไป โดยระดับแรงดันทั้งสองที่กล่าวมานี้จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการเสียหายซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อระดับแรงดันในการประจุโดยทั่วๆไปนั้น การตั้งแรงดันเร็คกูเลเตอร์ จะมีค่าแรงดันเท่าไรนั้นให้ดูคู่มือของแบตเตอรี่นั้นๆ เป็นหลักในกรณีที่ไม่มีหนังสือคู่มือให้ใช้หลักการดังนี้ ให้ใช้จำนวนแรงดันในการประจุต่อเซลล์ คูณด้วยจำนวนแรงดันในการประจุต่อเซลล์ คูณด้วยจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ที่ทำการประจุ เช่น แบตเตอรี่ 24 เซลล์จะปรับแต่งแรงดันของเครื่องประจุเท่ากับ 2.15 คูณด้วย 24 เท่ากับ 51.6

2.5.2 หลักการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งจะให้ระดับแรงดันสูงกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ในขณะที่มีการอัดประจุแบตเตอรี่จะให้ขั้วบวกของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่โดยที่กระแสที่ทำการประจุแบตเตอรี่ จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมา



ภาพที่ 2.5 ทิศทางการไหลของกระแสอัดประจุ

โดยที่ E = แรงดันที่ทำการอัดประจุ (V)

E_C = แรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่ (V)

R_i = ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ (Ω)

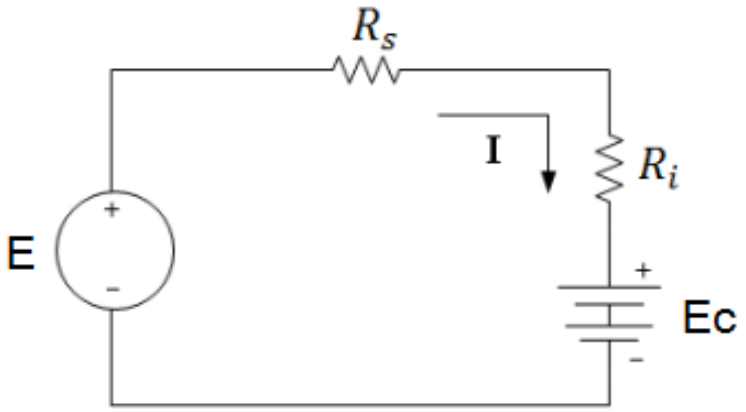
I = กระแสที่ใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่ (A)

สมการที่ได้จากภาพที่ 2.5 คือ

$$E = E_C + IR_i \tag{2.16}$$

$$I = \frac{(E - E_C)}{R_i} \tag{2.17}$$

เมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่ E_c มีค่าเท่ากับแรงดันอัดประจุ E จะไม่มีกระแส I ไหลในวงจร ถ้าแรงดัน E_c ต่ำกว่าแรงดัน E จะทำให้มีกระแสไหลเพื่อเข้าไปอัดให้กับแบตเตอรี่ แต่ถ้าให้แรงดัน E_c สูงกว่าแรงดัน E กระแสจะถูกอัดประจุออกจากแบตเตอรี่ ค่าความต้านทานภายใน R_i ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะมีค่าน้อย ซึ่งมีหน่วยเป็น โอห์ม โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่อัดประจุปริมาณที่แบตเตอรี่จะทนได้ อาจจะทำให้แบตเตอรี่ชำรุดได้ การที่จะลดปริมาณกระแสการอัดประจุแบตเตอรี่ให้ต่ำลง ทำได้โดยเอาความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไป เพื่อจำกัดปริมาณกระแสที่ไหลได้ตามต้องการดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การต่อค่า R_s ในวงจร

คำนวณกระแสได้ดังนี้

$$I = \frac{(E - E_c)}{R_s + R_i} \tag{2.18}$$

$$I = \frac{(E - E_c)}{I} - R_i \tag{2.19}$$

เมื่อแบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ อัตราการอัดประจุหรือคายประจุ จะขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่พิกัดของกระแสอัดประจุจะออกให้เป็นชั่วโมง ฉะนั้นค่าของกระแสจะหาได้จากค่าความจุซึ่งมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง แต่ทั้งนี้และทั้งนั้น ค่าความสัมพันธ์ของกระแสและชั่วโมงในการคายประจุนี้ จะไม่แปรผันตามกันตลอด เช่น แบตเตอรี่ 100 Ah คายประจุกระแส 5A ในเวลา 20h แต่ถ้าคายประจุกระแส 10 A อาจจะคายประจุได้ในเวลาเพียง 7 h หรืออาจจะคายประจุกระแส 20A ได้ในเวลาเพียง 3h เป็นต้น จะเห็นว่าถ้าจ่ายกระแสในปริมาณมาก ค่าพิกัดแอมป์ - ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่อาจมีค่าน้อยลง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการคายประจุของแบตเตอรี่ (Rate of Discharge) ซึ่งราคาแบตเตอรี่ก็จะต่างกันไปด้วย อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงว่าค่าของกระแส ในการประจุแบตเตอรี่ควรมีค่าเท่าใด นั่นคือค่ากำลังสูญเสียในแบตเตอรี่ซึ่งอาจเขียนในรูปของสมการคือ

$$P = I^2 R_i \tag{2.20}$$

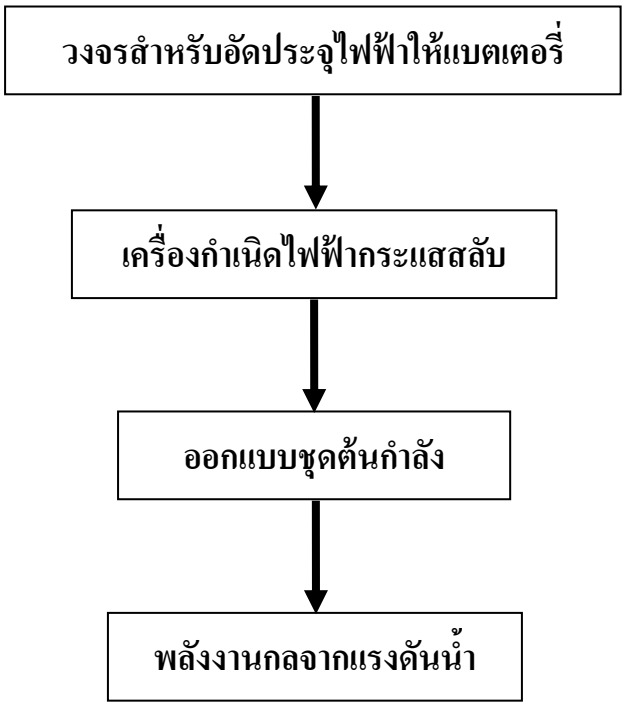
โดยที่ $P =$ กำลังสูญเสียในแบตเตอรี่ (W)

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า เมื่อค่ากระแสในการอัดประจุมีค่าสูง จะทำให้มีค่าสูญเสียมาก ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความร้อนขึ้นในแบตเตอรี่ ถ้ามีค่าสูงมากจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานน้อยลง หรือจะทำให้เสียหายได้ ฉะนั้นในการอัดประจุแบตเตอรี่ ต้องพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าวนี้ด้วย ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ก็เป็นสิ่งจำเป็น

บทที่ 3

การคำนวณและออกแบบ

กระบวนการนี้เป็นการวิเคราะห์จากเอาท์พุตที่ต้องการคือ พิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดแรงดันเอาท์พุต 12V พิกัดกระแส 1A ย้อนกลับไปหาขนาดของแรงต้นจากพลังงานน้ำ ได้แก่ ขนาดของกังหันระบบปิดที่เหมาะสม



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการคำนวณและออกแบบ

3.1 คำนวณการอัดประจุแบตเตอรี่

3.1.1 คำนวณการใช้งานของหลอดไฟฟ้า LED

ตัวโคมทำจาก Aluminium casting , Stainless steelใช้กับหลอดฮาโลเจน MR16 12V/50W เหมาะสำหรับใช้ส่องในสระน้ำ น้ำพุ หรือน้ำตก ชนิดตั้ง

ภาพที่ 3.2 หลอดไฟฟ้า LED 12V/50W

ข้อกำหนด

(1) หลอดฮาโลเจน ขนาด 50W จำนวน 2 หลอด

(2) ระยะเวลาการใช้งาน 2 ชั่วโมง

(3) แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 12 V

วิธีการคำนวณ

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายดวงโคม (Power) $P = 2 \times 50$ W เท่ากับ 100 W กระแสไฟฟ้าที่จ่ายดวงโคม หาได้จากสูตร

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{100}{12}$$

$$= 8.33 \quad \text{A}$$

ต้องการใช้งานแบตเตอรี่ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (h)
ดังนั้น ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่จะต้องจ่ายดวงโคม เท่ากับ

$$8.33 \times 2 \; = \; 16.66 \qquad \text{Ah}$$

คิดเผื่อไว้ 25% (ตามมาตรฐาน IEEE 1184-1994)
ดังนั้น ค่าความจุของแบตเตอรี่ที่จ่ายดวงโคมทั้งหมด

$$16.66 \times 1.25 \; = \; 20.82 \qquad \text{Ah}$$

ดังนั้นจะเลือกใช้แบตเตอรี่ 12V, 20 Ah

3.1.2 สูตรหาค่าความจุแบตเตอรี่ ที่อัดประจุเข้า จากเวลาที่ใช้ในการอัดประจุ

แรงดันไฟฟ้าที่ 12V และกระแสไฟฟ้าที่ 1A ต้องการอัดประจุในเวลา 5 ชั่วโมง
กำหนด

(1) กระแสไฟฟ้าที่ชาร์จ 1 A
(2) เวลาในการชาร์จ 5 ชั่วโมง (h)
(3) Specific gravity มีค่าเท่ากับ 1.2
(4) ปริมาณความจุของแบตเตอรี่ (C), Ah

จากสมการ

$$C = (I/1.2) \times h$$
$$C = (1/1.2) \times 5$$
$$= 4.166 \qquad Ah$$

ดังนั้นปริมาณความจุของแบตเตอรี่ 4.166 Ah ภายในเวลา 5 ชั่วโมง

3.1.3 สูตรหาค่าเวลาในการประจุแบตเตอรี่

ต้องการประจุแบตเตอรี่ค่าความจุที่ 20Ah โดยกำหนดกระแสที่ 1A

จากสมการ

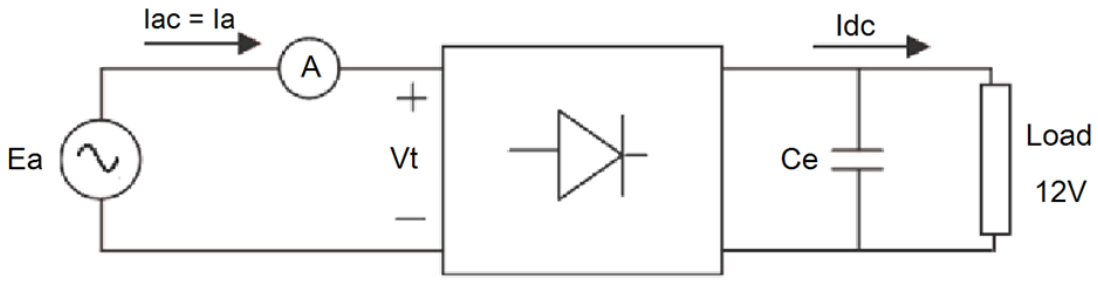
$$T = (C/I) \times 1.2$$

$$T = (20/1) \times 1.2$$

$$= 24 \quad h$$

ดังนั้นเวลาในการประจุแบตเตอรี่ที่ 20Ah กระแสที่ 1A ใช้เวลาในการประจุ 24 ชั่วโมง

3.2 การคำนวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส



ภาพที่ 3.3 วงจรเรียงกระแสในการออกแบบ

จากค่าแรงดันเอาท์พุต (Vdc) 12Volt

คำนวณหาค่าแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (V_t)

$$V_t = \frac{\pi \cdot Vdc}{2\sqrt{2}} = \frac{\pi \cdot 12}{2\sqrt{2}} = 13.32 \quad V_{rms}$$

จากวงจรทำการคำนวณหาค่าแรงดันเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า E_a

$$E_a = 4.44 \cdot f \cdot \Phi_m \cdot N_{ph} = 13.32 \quad V_{rms}$$

$$E_a = 4.44 \cdot \frac{N_{2FL} \times P}{120} \cdot \Phi_m \cdot N_{ph} = 13.32 \quad V_{rms}$$

โดยที่ $E_a =$ แรงดันเฟสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (V)

$V_t =$ แรงดันขั้วของโหลด (V)

$f =$ ความถี่ทางไฟฟ้า

$\phi_m =$ เส้นแรงแม่เหล็ก (Wb/m^2)

$N_{ph} =$ จำนวนรอบอาเมเจอร์ที่อนุกรมกันใน1เฟส (rpm)

สามารถคำนวณหาค่าความเร็วรอบแกนเพลาได้

จากสมการ

$$N_{2FL} = \frac{E_a \cdot 120}{4.44 \cdot \phi_m \cdot N_{ph} \cdot P} \quad rpm.$$

โดยที่ $N_{2FL} =$ จำนวนรอบของเฟืองทด (ขณะต่อโหลด) (rpm)

$P =$ จำนวนขั้วแม่เหล็ก $(pole)$

จากสมการ

$$B = \frac{\phi}{A}$$

โดยที่ $B =$ ความหนาแน่นของฟลักซ์ (Wb)

$A =$ พื้นที่ตั้งฉากที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน

เส้นแรงแม่เหล็ก $(\phi_m) = 0.0014064 \quad Wb/Pole$ (เป็นค่าคงที่ของชุดแม่เหล็กถาวร)

จำนวนรอบอาเมเจอร์ที่อนุกรมกันใน 1 เฟส $(N_{ph}) = 140$ รอบ/ขด

จำนวนขั้วแม่เหล็ก $P = 8$ ขั้ว

$$N_{2FL} = \frac{14.44 \times 120}{4.44 \times 0.0014064 \times 140 \times 8} = 248 \quad rpm.$$

คำนวณหาแรงบิด

$$
\begin{aligned}
P_m &= T \times 2\pi N_s \\
T &= \frac{P_m}{2\pi N_s} \\
&= \frac{13}{2\pi \times 248} \\
&= 120 \quad Nm
\end{aligned}
$$

โดยที่ P_m = กำลังทางกล (W)

T = แรงบิด (Nm)

N_s = ความเร็วรอบ (rpm)

ชุดเฟือง

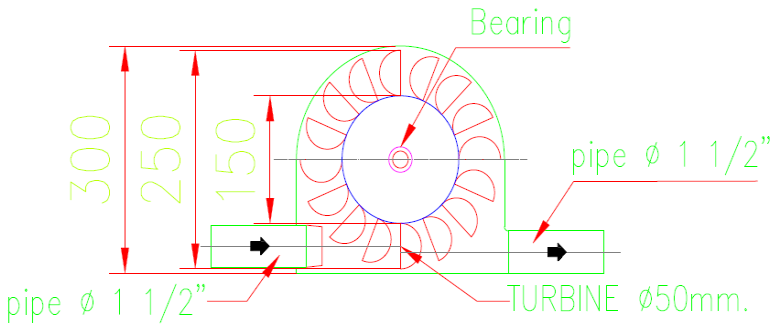
(1) เฟืองขับที่กังหันมีรัศมี $R_{F1} = 9cm$ จำนวน 32 ฟันเฟือง

(2) เฟืองทด (เฟืองขับโรเตอร์) มีรัศมี $R_{F2} = 3.2727cm$ มี 16 ฟันเฟือง

(3) อัตราการทดเฟือง (a) มีค่าเพิ่มขึ้น $a = \frac{9}{3.2727} = 2.27$ เท่าจากเฟืองขับ

ค่าความเร็วรอบของกังหัน (N_{1FL}) หาได้จาก อัตราส่วนระหว่างความเร็วรอบของแกนเพลา N_{2FL} ต่ออัตราการทดเฟือง (a) ได้จากการออกแบบ มีค่าดังสมการ

$$
\begin{aligned}
N_{1FL} &= \frac{N_{2FL}}{a} \quad rpm. \\
N_{1FL} &= \frac{248}{2.75} \\
&= 90 \quad rpm.
\end{aligned}
$$



ภาพที่ 3.4 แบบร่างโครงสร้างกังหัง

3.3 คำนวณกังหัน

(1) จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสามารถคำนวณหาพื้นที่ได้จากสูตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $(D_m) = 0.40\ m$ เท่ากับ รัศมี $(r) = 0.48\ m$

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi D_m^2}{4} \\ &= \frac{3.14 \times 0.40^2}{4} \quad m^2 \\ &= 0.3768 \quad m^2 \end{aligned}$$

ค่า A ที่ได้ สามารถคำนวณหาอัตราการไหล (Q)

กำหนด $v = 8.37 \quad m/s$

$$\begin{aligned} Q &= Av \\ &= 8.37 \times 0.3768 \\ &= 0.045 \quad m^2/s \end{aligned}$$

โดยที่ $A =$ พื้นที่หน้าตัด (m^2)

$Q =$ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^2/s)

$v =$ ความเร็วของไหล (m/s)

(2) การคำนวณแรงดันน้ำ

จากตารางที่ 2.2 ความสามารถของปั๊มน้ำ $v = 40L/\min$ แปลงหน่วยเป็น $0.04m^3/\min$

$$\begin{aligned} F &= \rho v g \\ &= 1000 \times 0.04 \times 9.8 \\ &= 6.53 \quad N \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{6.53}{0.125} \\ &= 52.26 \quad N/m^2 \end{aligned}$$

โดยที่ $F =$ แรงกระทำ (N)

$P =$ ความดันน้ำ (N/m^2)

$\rho =$ ความหนาแน่น (kg/m^3)

$g =$ ความเร่งในแนวดิ่ง (m/s^2)

(3) การคำนวณหาแรงบิด

$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ T &= \rho Q(r_1 V_1 \cos\alpha_1 - r_2 V_2 \cos\alpha_2) \end{aligned}$$

$r_1 = r_2 = r =$ รัศมีเฉลี่ย

$$T = \rho Q(r_1 V_1 \cos\alpha_1 - r_2 V_2 \cos\alpha_2)$$

กำลังงานที่รันเนอร์ได้รับจากน้ำมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} P &= T \times \omega \ ; \ \omega = \frac{u}{r} \\ T &= \rho Q(u_1 V_1 \cos\alpha_1 - u_2 V_2 \cos\alpha_2) \end{aligned}$$

$u_1 = u_2 = u$ เพราะว่า $r_1 = r_2 = r =$ รัศมีเฉลี่ย

$$\begin{aligned} Q &= 0.045 \quad m^3/s \\ \rho &= 1{,}000 \quad kg/m^3 \\ r &= 0.48 \quad m \end{aligned}$$

$V_1 \cos\alpha_1 = V_{1t} =$ ความเร็วย่อยในแนวสัมผัส
เนื่องจาก $\alpha_2 = 90$ องศา กำหนด $\alpha_1 = 50$ องศา

$$\begin{aligned} T &= \rho Q r(V_1 \cos\alpha_1) \\ &= 1{,}000 \times 0.045 \times 0.48 \times (2.7 \cos 50) \\ &= 21.23 \quad Nm \end{aligned}$$

โดยที่ $T =$ แรงบิด (Nm)
$r =$ รัศมีของท่อ (m)

(4) คำนวณหา ω

จาก $P = T\omega$ กำหนด $P = 200W$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{200}{21.23} \\ &= 9.42 \quad rad/s \end{aligned}$$

โดยที่ $P =$ กำลังไฟฟ้า (W)
$\omega =$ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

(5) คำนวณหาความเร็วรอบของกังหัน

$$\begin{aligned} N &= \frac{60\omega}{2\pi} \\ &= \frac{60 \times 9.42}{2 \times 3.14} \\ &= 90 \quad rpm \end{aligned}$$

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมา มีส่วนประกอบคือ ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชุดวงจรเรียงกระแสแบบไดโอด โดยไดโอดที่ใช้ต้องสามารถทนต่อกระแสไฟฟ้าที่สูงได้ และส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ตัวกังหันน้ำและแบริ่งที่ประกอบตัวกังหันกับแกนเพลา จะต้องได้ศูนย์กลาง เพื่อป้องกันการแกว่งของกังหันเวลาหมุน ส่วนตัวแบริ่งต้องใช้แบริ่งชนิดพิเศษที่กันน้ำได้เพื่อป้องกันสนิม

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

บทนี้กล่าวถึงการทดลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยทำการทดลอง 2 ครั้งคือ การทดลองการทำงานโดยไม่มีการต่อแบตเตอรี่ และการทดลองการทำงานโดยมีแบตเตอรี่ขนาด 20 Ah ต่ออยู่ เพื่อทำการประจุแบตเตอรี่

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

(1) เพื่อทดลองการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้จริง หรือไม่
(2) เพื่อทดสอบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายกระแสเพื่อประจุแบตเตอรี่ได้
(3) เพื่อศึกษาว่าชุดวงจรเรียงกระแสทำงานได้จริง หรือไม่
(4) เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

(1) เครื่องสูบน้ำ ขนาด 1.5 hp
(2) ชุดกังหันระบบปิด
(3) เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
(4) โวลต์มิเตอร์
(5) แอมป์มิเตอร์
(6) เครื่องมือวัดความเร็วรอบ
(7) วงจรออโต้ชาร์จเจอร์
(8) แบตเตอรี่ขนาด 12 V

4.3 วิธีการทดลอง

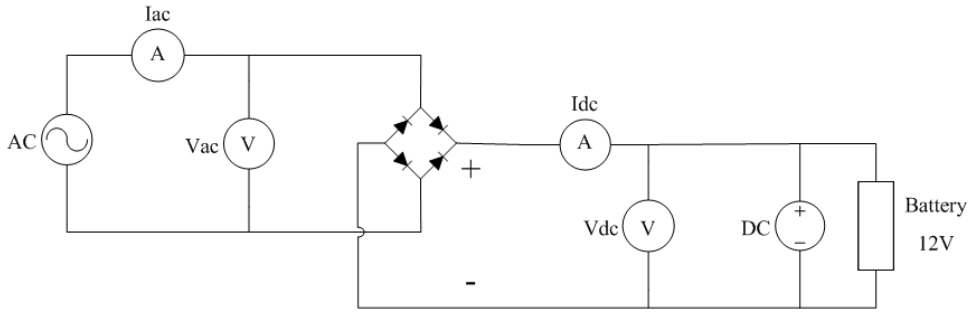
(1) ใช้เครื่องสูบน้ำในการขับเคลื่อนกังหัน
(2) วัดค่าแรงดัน เมื่อไม่ต่อโหลด
(3) วัดค่าแรงดัน เมื่อต่อโหลดแบตเตอรี่ 12 V

4.4 การทดลอง

4.4.1 การทดลองชุดระบบปิดและการประจุแบตเตอรี่

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ใช้เครื่องสูบน้ำจ่ายน้ำให้กับตัวชุดกังหันระบบปิด ทำให้กังหันเกิดการหมุนในความเร็วรอบที่ 300 รอบ/นาที แล้วทำการวัดค่าเมื่อไม่มีโหลดต่ออยู่ แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิด มีค่าเท่ากับ 13.37Vac จะเห็นได้ว่าต้องใช้ความเร็วรอบคงที่ในการผลิตไฟฟ้าที่จะได้แรงดันตามความต้องการ

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วใช้เครื่องสูบน้ำจ่ายน้ำให้กับตัวชุดกังหันระบบปิด ทำให้กังหันเกิดการหมุนในความเร็วรอบที่ 300 รอบ/นาที แล้วทำการวัดค่า ขณะต่อแบตเตอรี่ 12 V แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะมีค่าเท่ากับ 12.42Vdc จะเห็นได้ว่าใช้ความเร็วรอบเท่ากัน แต่แรงดันที่ได้ต่างกัน เพราะแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองมีค่าแรงดันอยู่



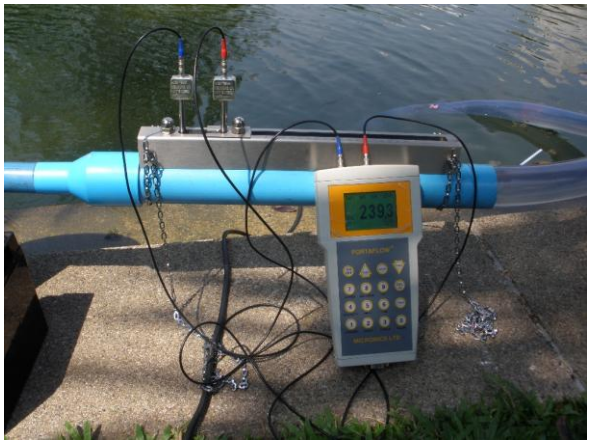
ภาพที่ 4.1 การวัดค่าวงจรเรียงกระแส

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการทดลองการประจุแบตเตอรี่

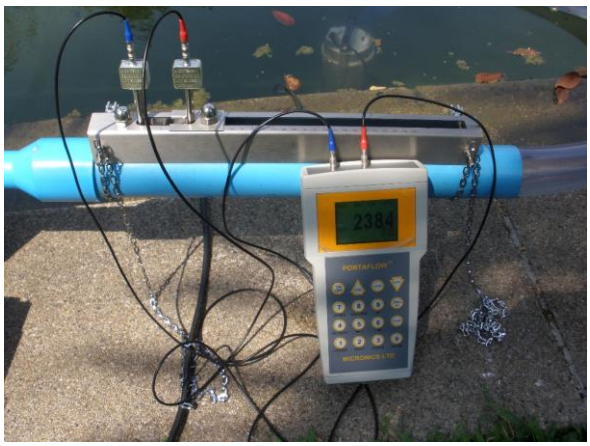
จำนวนรอบ(RPM)	แรงบิด(Nm)	แรงดันไฟฟ้า(V)	กระแสไฟฟ้า(A)	กำลังไฟฟ้า(W)
		ที่ชาร์จ	ที่ชาร์จ	ที่ชาร์จ
50	0.32	12.08	0.03	0.33
100	0.37	12.12	0.17	1.65
150	0.79	12.18	0.38	3.88
200	1.20	12.27	0.59	6.21
250	1.61	12.34	0.80	8.58
300	2.02	12.42	1.00	10.83

4.4.2 การทดลองวัดอัตราการไหลของน้ำ

จากภาพที่ 4.2 และ 4.3 เมื่อทำการเปิดเครื่องสูบน้ำให้น้ำไหลเข้าในชุดกังหันระบบปิด เพื่อที่จะทดลองหาค่าอัตราการไหลของน้ำในระบบ จากการทดลองวัดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำเข้ากังหัน เมื่อไม่มีการต่อโหลด มีค่าเท่ากับ 239.3 L/min แต่เมื่อทำการวัดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำเข้ากังหัน เมื่อมีการต่อโหลด ค่าที่ได้เท่ากับ 238.4 L/min จะเห็นได้ว่าจากการทดลอง อัตราการไหลทางด้านน้ำเข้ากังหัน มีค่าใกล้เคียงกัน เพราะอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำที่ส่งน้ำในระดับคงที่จึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านน้ำเข้าของกังหันมากจนเกินไป

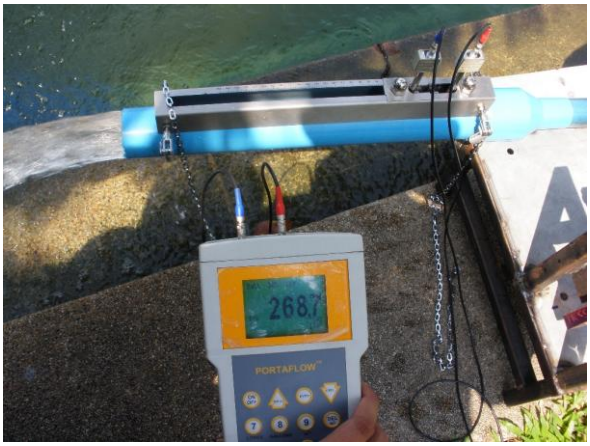


ภาพที่ 4.2 ค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำเข้ากังหัน เมื่อไม่มีการต่อโหลด

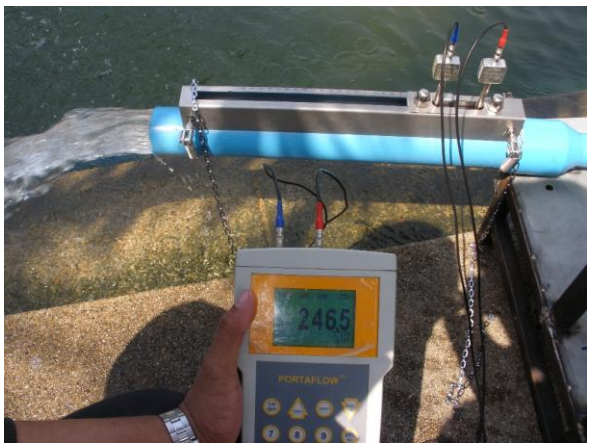


ภาพที่ 4.3 ค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำเข้ากังหัน เมื่อมีการต่อโหลด

จากภาพที่ 4.4 และ 4.5 เมื่อทำการเปิดเครื่องสูบน้ำ ให้น้ำไหลเข้าในชุดระบบปิด เพื่อที่จะทดลองหาค่าอัตราการไหลของน้ำในระบบ จากการทดลองวัดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหัน เมื่อไม่มีการต่อโหลด มีค่าเท่ากับ 268.7 L/min แต่เมื่อทำการวัดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหัน เมื่อมีการต่อโหลด ค่าที่ได้เท่ากับ 246.5 L/min จะเห็นได้ว่า เมื่อไม่มีการต่อโหลดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหันมีค่าสูง แต่ขณะมีการต่อโหลดค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหันมีค่าต่ำลง เพราะเมื่อต่อโหลดทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีภาระทางไฟฟ้าเกิดขึ้น ทำให้ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกังหัน ค่อนข้างหมุนช้าลง น้ำที่ไหลผ่านกังหันจึงช้าลงด้วย เกิดจากการต้านของใบกังหัน แต่ถ้าไม่มีการต่อโหลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ไม่มีภาระทางไฟฟ้า การต้านของน้ำที่ไหลผ่านกังหันจึงน้อย



ภาพที่ 4.4 ค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหัน เมื่อไม่มีการต่อโหลด



ภาพที่ 4.5 ค่าอัตราการไหลทางด้านน้ำออกจากกังหัน เมื่อมีการต่อโหลด

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลของโครงงาน

การออกแบบและสร้าง ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากแรงดันน้ำในท่อสำหรับน้ำพุ โดยอาศัยแรงดันน้ำจากเครื่องสูบน้ำที่มีอยู่แล้ว โดยมีส่วนประกอบสำคัญคือ ชุดกังหันระบบปิด เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และวงจรประจุแบตเตอรี่ มีการทดลองโดยนำระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้มีการสร้างขึ้น มาต่อเข้ากับท่อน้ำจากเครื่องสูบน้ำ เพื่อวัดหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการผลิต และวัดค่าอัตราการไหลของน้ำเมื่อมีการต่อโหลด และเมื่อไม่มีการต่อโหลด

จากการทดลองทำการเปิดเครื่องสูบน้ำ แรงดันน้ำจากเครื่องสูบน้ำได้ไหลเข้าสู่ชุดกังหันระบบปิดแรงดันน้ำจะทำให้กังหันหมุน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าออกมา เมื่อไม่มีการต่อโหลดจำนวนรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 900รอบ (rpm) เมื่อมีการประจุแบตเตอรี่เกิดขึ้น จำนวนรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณ 200รอบ (rpm) และจะได้แรงดันไฟฟ้า 12V ที่สามารถนำไปเพื่อประจุแบตเตอรี่ได้

สรุปผลการทดลอง แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการผลิต ของระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากแรงดันน้ำในท่อนั้น สามารถนำไปประจุแบตเตอรี่ขนาด 12V ได้ แต่อัตราการไหลของน้ำ ที่ออกจากกังหันเมื่อมีการต่อโหลด และเมื่อไม่มีการต่อโหลด อัตราการไหลของน้ำจะแตกต่างกันก็เพราะว่า เมื่อมีการต่อโหลด จะทำให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีภาระทางไฟฟ้าเกิดขึ้น กังหันจะหมุนช้าลง จึงทำให้อัตราการไหลของน้ำที่ออกจากกังหันมีอัตราการไหลที่น้อยกว่าเมื่อไม่มีการต่อโหลด

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

สามารถสรุปได้ดังนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำเมื่อต่อกับแบตเตอรี่ โดยค่าประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำนี้เอง เป็นตัวลดทอนความสามารถในการหมุนของกังหัน อัตราการไหลของน้ำขณะที่ต่อชุดกังหันระบบปิด และไม่ต่อชุดกังหันระบบปิด อัตราการไหลของน้ำจะมีค่าแตกต่างกัน ข้อเสนอแนะ การเพิ่มขนาดของตัวนำอาร์เมเจอร์ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นั้นย่อมส่งผลดีในแง่ของการเพิ่มแรงดัน ส่งผลให้ค่าความสูญเสียในขดลวดมีค่าลดลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อัตราการไหลของน้ำ สามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง แต่หากต้องการรักษาระดับอัตราการไหลของน้ำ ขณะที่ยังไม่ต่อชุดกังหันระบบปิด ก็ควรที่จะเพิ่มอัตราการไหลก่อนที่จะเข้าชุดกังหันระบบปิด โดยวิธีการเพิ่มชุดหัวฉีด หรือระบบวาล์ว เพื่อที่จะสามารถเพิ่มแรงดันของน้ำตามความต้องการได้

เอกสารอ้างอิง

[1] เจน สงสมพันธุ์ เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำนักพิมพ์ สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต , 2552

[2] กองบรรณาธิการหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ แบตเตอรี่และเครื่องชาร์จ สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2553

[3] ปุณยภัทร ภูมิภาค เครื่องจักรกลไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร , 2550

[4] วันชัย จันไกรผล พื้นฐานระบบไฟฟ้ากำลัง โรงพิมพ์ ฝ่ายบริหารมหาวิทยาลัยศรีปทุม , 2552

[5] Stephen S. Chapman, Electrical Machinery Fundamentals,McGraw-Hill Book Co.,1999.

ภาคผนวก

คู่มือ วัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter)

INTRODUCTION

The **PORTAFLOW™ SE** is a portable Transit Time flow meter for use on liquid flows in full pipes, which utilises Ultrasonic transit-time "Clamp-On" transducer technology.

Easy to operate, the Portaflow SE features are as follows:

- Large easy to read Graphics Display with backlighting.
- Simple FAST TRACK set up procedure.
- Simple to follow keypad
- IP55 electronics enclosure
- Guide rail assembly with chains.
- 100K memory logger
- RS232 output
- 4-20mA or 0-20mA output
- 10hr Battery (rechargeable)
- Self checking diagnostics
- Continuous signal monitoring

The instrument displays volumetric flow rate in m^3/hr, m^3/min, m^3/sec, g/min, US g/min, US g/hr, l/min, l/sec and linear velocity in metres and feet per second. When in flow mode the total volume both positive and negative is displayed, up to a maximum of 12 digits.

The Portaflow SE is supplied as a complete kit that includes, Electronics, Transducers, Charger, RS232 cable, 4-20mA cable, mounting hardware with Coupling Grease and an Instruction manual. ***(See Figure 1)***

The following simple guide will enable the user to quickly set up the flowmeter to measure flow. Additional data on the facilities available and many useful hints are contained in the latter sections of this manual.

Figure 1:

Fast Track Set up Procedure

1. Switch on and press ENTER.
2. **Check battery level** - If the battery symbol on the display is full, the unit is charged, press **ENTER**.
3. Select **Quick Start** - Press **ENTER**.

Dimension Units? – Scroll to select units required. Press ENTER.
Pipe OD – Enter data, press **ENTER**.
Pipe Wall Thickness – Enter data, press **ENTER**
Pipe Lining Thickness – Enter data, press **ENTER**. Zero if no lining on application
Select Wall Material – Select using scroll keys, press **ENTER**.
Select Lining Material – This will only be displayed if a lining thickness has been entered. Select using scroll keys. Press **ENTER**.
Select Fluid Type – Select using scroll keys. Press **ENTER**.

4. The instrument selects the mode of operation using the data entered and will display the following.

yy:mm:dd hh:mm:ss

Attach sensor set
in XXXXXX mode
Approx. max. flow:
XXX m/s
ENTER to continue
SCROLL changes mode

5. Fluid Temp? Enter Fluid Temp.in the units required (°C) or (°F)

Retract the sensor blocks back into the guide rail by turning the locking nuts clockwise.
Apply couplant to both sensor blocks as shown in **(Figure *2*)**, attach to the pipe using the appropriate mounting hardware in either Reflex or Diagonal Mode.

Figure 2

Figure 3: - Reflex Mode Operation

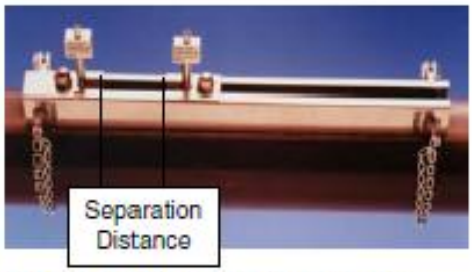


Figure 4: Diagonal Mode Operation

For Diagonal beam mounting follow the sensor mounting instructions on pages 34 and 35 of this manual.

6. Connect the red and blue sensor cables to the electronics and the guide rail assembly. The red cable indicates +ve flow if upstream.

7. For Reflex Mode attach the guide rail (Figure 3) to the pipe as shown above. Turn the locking nut anti-clockwise on the fixed transducer, screwing it down on to the pipe so that it is finger tight and making good even contact to the pipe surface.

8. Set the separation distance ***(See figure 3)*** by sliding the floating transducer along the scale until the front edge of the block is at the recommended distance displayed by the electronics. Now turn the locking nut on the floating transducer anti-clockwise, until it makes finger tight contact with the pipe surface. To mount the transducers in Diagonal Mode follow **Figure 4** and the instruction on Page 34/35 of this manual.

9. Now Press ENTER to read flow. Pressing the appropriate key on the keypad can change flow units. An additional key press will change the timescale of the reading - hr/min/sec.

PARTS AND ACCESSORIES

Connectors

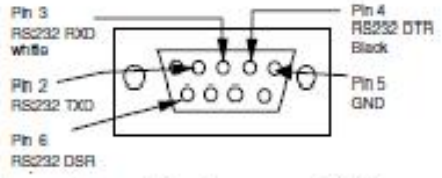
There are five sockets on the electronic housing. Two for the transducer assemblies (Down Blue/Up Red), one for the 4-20mA output, one for the PSU/charger and one for the RS232.Each socket is appropriately marked.

4 - 20mA Cable Connections

4 - 20mA - Red positive, Black negative. The output can be adjusted to either 4- 20mA, 0-20mA or 0-16mA.

RS232 Cable Connections

Figure 5:
9 way 'D' plug viewed from reverse



Charger (Use only the charger supplied.)
The charger is supplied with universall plug-in adaptors. When the instrument is charging, but switched off, the display reads 'CHARGING'. It also displays a battery and plug symbol. CHARGING is displayed under the word 'Battery' when in flow mode, and a 'plug' symbol is displayed in place of the battery symbol.

Figure 6: Battery Charger

Battery

A Battery management circuit controls the battery recharge. The circuit helps to prevent the batteries from being damaged through overheating. The circuit automatically cuts off the high-level charge current after 4hrs after which it will provide only a trickle charge, which is not enough to fully charge the battery. Disconnect the charger plug from the instrument, connect again allowing a further 4 hrs at full charge. The battery should now be fully charged and will continue to be trickle charged with the mains still attached and while the instrument is in operating mode. In operating mode a fully charged battery can maintain functionality for up to 10hrs depending upon the demand. The backlight will use a lot of current and whilst it is continuously enabled the operating life will drop to 4hrs from a fully charged battery.

When in flow measurement mode the battery charge level is continually displayed as a percentage of full charge. When this indication reads approximately 40%, a warning message will appear on the screen. This indicates that there is only 30 minutes of use left in the battery. The battery can be charged when the instrument is switched to the ON or OFF state.

Keypad

Programming is via a key tactile membrane keypad.

When measuring flow it is possible, by selecting keys 4, 7, 8, and 9, to change from one unit to another without the need to re-program.
Additional key presses will adjust the time scale of the measurements.

Example:

- Press 4 for m/s, press 4 again for f/s
- Press 7 for l/s, press 7 again for l/min
- Press 8 for g/min, press 8 again for USG/min
- Press 9 for m^3/hr, press 9 again for m^3/min, press 9 again for m^3/sec

There are some facilities that require the cursor to be moved from right to left. This can be done using keys 5 (left) and 6 (right).

The 4-20mA, RS232 and logger keys can only be activated in the flow mode (see page 17 – Keypad options). The RS232 and data logger are also on the main menu.

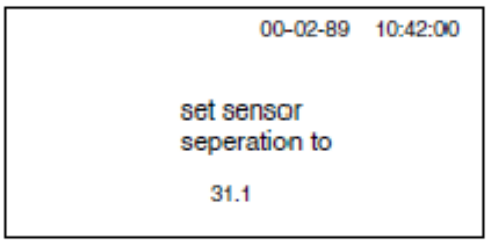
Transducers

The Portaflow SE is supplied with one (matched) pair of transducers and a single guiderail to measure flow. The instrument selects the mode of operation (Reflex or Diagonal) dependant on the pipe size and flow velocity. Above 500mm diameter pipes it may be necessary to use High Velocity 'C' sensors that are available as 'Optional Extra'.

The instrument can be used over a range from 50mm to 1000mm. In Reflex Mode the transducers are positioned in the guide rail to assist correct alignment along the pipe axis, **(Figure 3)**. In Diagonal mode **(Figure 4)** the transducers are removed from the rail and attached to the pipe using the gull wings and chains See Figure 4. The pipe is then measured and marked up and the transducer blocks are clipped to the pipe wall using a suitable amount of grease applied to the face of the transducer.

Separation Distance

The instrument calculates the separation distance when all parameters have been entered via the keypad. Also the instrument calculates the maximum flow velocity allowed with the standard sensors and indicates whether Reflex or Diagonal mode should be used. For Hi Velocity flows the instrument will allow the use of 'C' sensors in either Diagonal or Reflex Mode as requested by the user.



Ultrasonic Couplant

U
tr

F
F
li
p
u
a

A
p
e
o

Main Menu - Quick Start

Selecting quick start offers the user the easiest and quickest option to achieve a flow measurement. If the instrument has already been used, it stores the last application data entered. This allows the user to read flow on the same application without spending time entering new data. Go to 'Read Flow' in the main menu.

If **QUICK START** is selected, proceed with the following routine. Use the scroll keys to select, then press ENTER.

Switch On...

```
Greyline Instruments Inc.

Serial No: 0000   v 1.13
Press Enter to start
```

Main Menu

Press SCROLL up or down to move cursor to required option and press ENTER to select. Before moving to the flow and data logging facilities, please ensure that date and time details are correct (see page 15, Main Menu-Set-up Portaflow)

```
                              yy-mm-dd  hh:mm:ss

MAIN MENU
Quick start
View/Edit Site Data
Sensor set
Data Logger
Set up RS232
Set up Instrument
Read flow
```

The instrument now displays **Select pipe wall material**. Using the scroll keys it is possible to scroll up or down the options available. Select the required material and press ENTER.

```
                              yy-mm-dd  hh:mm:ss

QUICK START

Select pipe wall material:
Mild Steel
S' less Steel 316
S' less Steel 303
```

```
Dimension units          mm
Pipe O.D.?               58.0
```

Pipe wall thickness now appears on the display. After entering the pipe wall thickness, press ENTER.

```
                              yy-mm-dd  hh:mm:ss

QUICK START

Dimension units          MILLIMETRES
Pipe O.D.?                      58.0
Wall thick?                      4.0
```

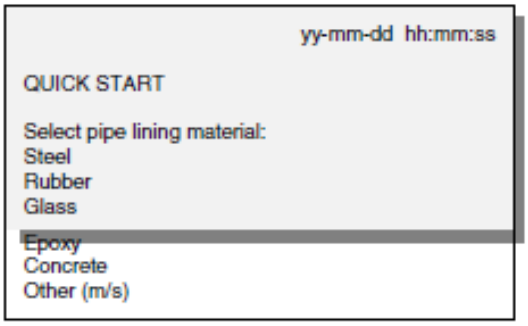
Pipe lining thickness now appears on the display. If the pipe you are measuring has a lining, enter the **Pipe lining thickness**. If nothing is entered the instrument automatically assumes there is no lining. Press ENTER to move on, or after entering the data.

```
                              yy-mm-dd  hh:mm:ss

QUICK START

Dimension units          MILLIMETRES
Pipe outside diameter?          58.0
Wall thick?                      4.0
Lining?                          0.0
```

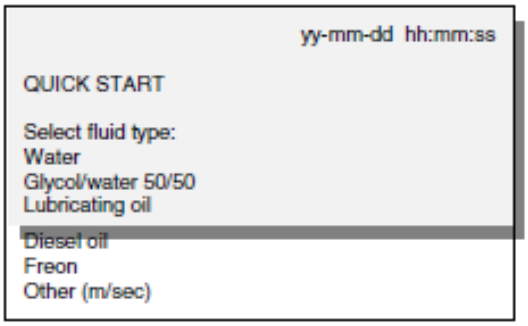
Attach Sensors

The instrument will now provide the user with details of the mode of operation. It will also give the approximate maximum velocity that can be achieved with the sensors provided.
Use the keypad to check the other maximum volumetric flow.
Connect the RED and BLUE sensor cables, between the guide rail and the electronics.

scroll keys to select the required material, then press ENTER. If **Other** is selected, enter the Sound speed of the lining in metres/sec. **(Contact Greyline if this is not known.)**

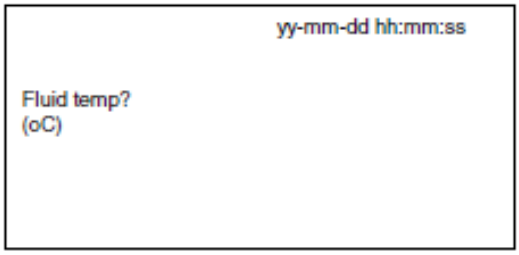


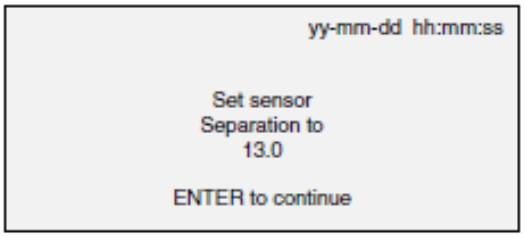
Select fluid type now appears on the display. Use the scroll keys to select the fluid type and press ENTER.
If the liquid is not listed select **Other** and enter a liquid sound speed in metres/second. This may be found in the back of the manual under **Liquid Sound Speeds.**



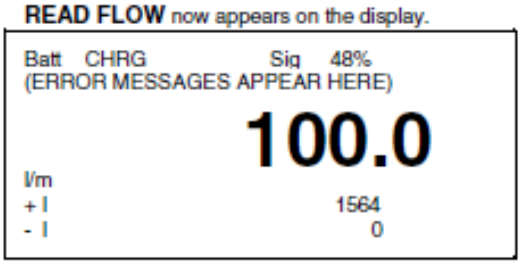
If there is an error with the site data entered or the application, the instrument will display an Error or warning message (See page 21), which will appear above the flow reading. If there is more than one message it will scroll between them all.

To stop reading flow press ENTER **ONCE**. The display will read the following.





READ FLOW now appears on the display.



When reading volumetric flow the instrument will display a positive and negative total. Selecting OPTIONS from the keypad can reset these totals. (See page 19).

The instrument will continually display the battery and signal levels. Signal levels should be above 40%.