(ปกหน้า)

[มีรายละเอียดตามข้อความด้านล่าง และเพิ่มโลโก้ของกระทรวงพลังงาน (ไฟล์ AI) ปรับตำแหน่งได้ตามเหมาะสม]

คู่มือคลินิกพลังงาน
สำหรับ
ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์และโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ภายใต้โครงการพัฒนาประสิทธิผลการดำเนินงานเชิงยุทธศาสตร์ตามแผนพลังงานเชิงพื้นที่

โดย

กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน

สารบัญ

บทที่ 1 องค์ประกอบของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 1-1

1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cells) 1-1

1.1.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ 1-2

1.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลกับสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 1-4

1.2 เครื่องสูบน้ำ (Water Pumps) 1-5

1.3 ท่อและวาล์ว (Pipe and Valve) 1-7

1.3.1 ระบบท่อ 1-7

1.3.2วาล์ว (Valve) 1-9

1.4 ระบบต้นกำลัง (Prime Movers) 1-10

1.5 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า และหน่วยเก็บสะสมพลังงาน 1-14

1.5.1 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า 1-14

1.5.2 หน่วยเก็บสะสมพลังงาน 1-15

บทที่ 2 หลักการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 2-1

2.1 การประมาณความต้องการใช้น้ำ 2-2

2.2 การออกแบบและคำนวณระบบท่อและวาล์ว 2-4

2.3 การคำนวณระยะสูบของระบบหรือเฮด 2-7

2.3.1 เฮดความดัน (Pressure Head : H_P) 2-7

2.3.2 เฮดความเร็ว (Velocity Head : H_V) 2-8

2.3.3 เฮดสถิตย์ (Static Head : H_S) 2-8

2.3.4 เฮดความฝืด (Friction Head : H_f) 2-8

2.4 การเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ 2-14

2.5 ออกแบบและคำนวณระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2-17

บทที่ 3 การบำรุงดูแลรักษาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ 3-1

3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) 3-1

3.2 เครื่องสูบน้ำ 3-4

3.2.1 เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำ 3-4

3.2.2 เครื่องสูบน้ำชนิดชัก 3-5

3.2.3 เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มหรือแช่ 3-6

3.3 ระบบท่อส่งน้ำ 3-8

3.4 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า และหน่วยเก็บสะสมพลังงาน (กรณีที่มีการติดตั้ง) 3-9

สารบัญ (ต่อ)

3.4.1 อุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า 3-9
3.4.2 หน่วยเก็บสะสมพลังงาน 3-9
บทที่ 4 การใช้งานไฟล์คำนวณการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น 4-1
4.1 การคำนวณออกแบบขนาดของเครื่องสูบน้ำเบื้องต้น 4-1
4.2 การคำนวณออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4-4
4.3 การแปลงหน่วยข้อมูล 4-6
ภาคผนวก แบบแนะนำระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ..... ก
แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน ..... ก
เอกสารอ้างอิง .....

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

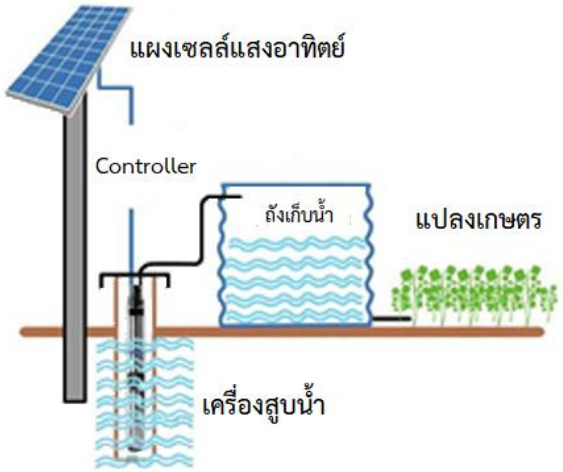
การผลิตพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีใช้ประโยชน์เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ และการผลิตพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งในประเทศไทยมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กันอย่างแพร่หลาย และเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องด้วยเป็นระบบที่สามารถติดตั้งได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถการประยุกต์ใช้ที่หลากหลาย และมีราคาที่ถูกลง โดยเฉพาะในปัจจุบันมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ทั้งใช้ในภาคครัวเรือน ภาคการเกษตร ภาคธุรกิจ และภาคขนส่ง ซึ่งได้รับความสนใจจากหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ในปัจจุบันมีโครงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic) เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก อย่างที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ศักยภาพดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น หรือที่เราเรียกว่า “ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ (Global Radiation)” มีหน่วยทางด้านพลังงานเป็น เมกะจูลต่อตารางเมตร (MJ/m^2) ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีค่าความเข้มที่แตกต่างกันไป โดยบริเวณที่ได้รับรังสีอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเป็นไปตามพื้นที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในรอบวันและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปี กล่าวคือ ในพื้นที่หนึ่ง ๆ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นจากช่วงเช้าจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเวลาเที่ยงวัน และลดต่ำลงจนถึงช่วงเย็น

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะทำการแปรรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic cell)” โดยโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ เมื่อได้รับแสงอาทิตย์ก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และเกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิต “ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)” จึงสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) หรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น อินเวอร์เตอร์ ตัวควบคุมการประจุ เป็นต้น ทั้งนี้การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การผลิตไฟฟ้าแบบอิสระ การผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกริด ซึ่งรวมถึงการผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้ในภาคเกษตรกรรม เป็นต้น

น้ำเป็นแหล่งพลังงานขั้นต้นที่มีความสำคัญในดำรงชีวิตของมนุษย์ เราใช้ประโยชน์จากน้ำได้อย่างมากมายมหาศาล เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า ภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ใช้ในการอุปโภคและบริโภค เป็นต้น แหล่งน้ำนั้นจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน ระบบสูบน้ำเป็นส่วนหนึ่งของระบบบริหารจัดการน้ำ ที่ทำหน้าที่ในการนำน้ำจากแหล่งน้ำมาใช้งาน โดยระบบต้นกำลังที่ใช้ในการสูบน้ำนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น ใช้แรงงานมนุษย์ ใช้แรงงานจากสัตว์ เครื่องยนต์ดีเซลสำหรับสูบน้ำ โดยระบบสูบน้ำด้วยเครื่องยนต์ดีเซลเป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างมาก เนื่องจากเป็นระบบที่มีราคาลงทุนครั้งแรกต่ำและมีความสะดวกในการติดตั้ง แต่ข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซล คือ ต้องใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงและเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งานที่ผู้ใช้ต้องแบกรับ นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกด้วย ในปัจจุบันการสูบน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบใช้ไฟฟ้า จึงเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบอาคาร รวมถึงระบบสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติในบริเวณที่มีระบบสายส่งของการไฟฟ้าเข้าถึง แต่ในบริเวณพื้นที่ที่สายส่งของระบบไฟฟ้าเข้าไปไม่ถึง

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการเพาะปลูก การจัดการทรัพยากรน้ำทางการเกษตร เป็นอีกการประยุกต์ใช้งานหนึ่งที่มีความสำคัญ เครื่องสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มที่จะหันมาใช้กันมากขึ้น ดังนั้นในการจะพิจารณาเลือกใช้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะต้องดูปริมาณแหล่งน้ำว่ามีปริมาณน้ำเท่าใด มีจำนวนเพียงพอและปริมาณเพียงพอหรือไม่ เป็นแหล่งน้ำผิวดินหรือแหล่งน้ำใต้ดินน้ำบาดาล มีความลึกกี่เมตร และอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ ความต้องการน้ำของเกษตรกร หรือปริมาณการใช้น้ำหากเป็นระบบประปา ว่ามีความต้องการใช้น้ำกี่ลิตรกี่ลูกบาศก์เมตรต่อวันหรือต่อช่วงเวลาที่ต้องการใช้งาน รวมถึงต้องทราบระยะทางส่งจากแหล่งน้ำไปยังจุดจ่ายน้ำว่าไกลแค่ไหน โดยคู่มือเล่มนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดองค์ประกอบของ “ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์” ทั้งความรู้เบื้องต้นขององค์ประกอบของระบบ หลักการในการออกแบบระบบให้เหมาะสมกับความต้องการ การบำรุงรักษาระบบให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และวิธีการใช้งานเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบระบบให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ที่สนใจใช้งานระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์



รูป ๑ ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

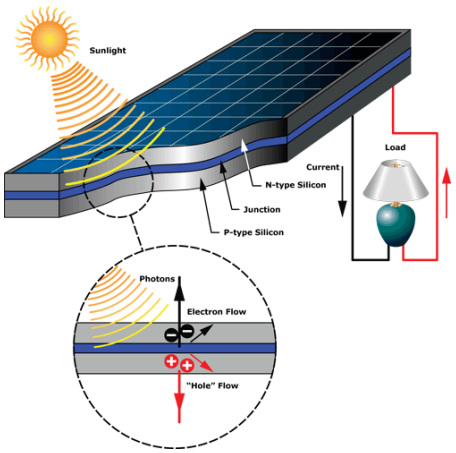
บทที่ 1
องค์ประกอบของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถสูบน้ำทั้งจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินที่เป็นบ่อบาดาล ตั้งแต่เวลาที่มีแสงอาทิตย์จนอาทิตย์ลับขอบฟ้า มีหลักการดังนี้ เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบไปที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อไปขับเคลื่อนมอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำให้สูบน้ำในเวลาที่มีแสงแดด โดยน้ำที่สูบได้สามารถนำไปใช้งานได้ทันที หรืออาจจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บน้ำซึ่งติดตั้งอยู่บนหอสูง ซึ่งน้ำจากหอสูงจะมีแรงดันเพียงพอที่จะไหลไปสู่บ้านผู้ใช้น้ำในบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในคู่มือเล่มนี้จะเป็นระบบแบบอิสระ ไม่มีการเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งของการไฟฟ้า

องค์ประกอบของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะประกอบด้วย 1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cells) 2) เครื่องสูบน้ำ (Water Pump) 3) ท่อและวาล์ว (Pipe and Valves) 4) ระบบต้นกำลังหรือมอเตอร์ (Motors) และ 5) หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า และหน่วยเก็บสะสมพลังงาน (ในกรณีที่มีการใช้งาน) โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cells)

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงอาศัยกระบวนการโฟโตโวตาอิก (Photovoltaic Effect) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำเมื่อได้รับแสงที่มีพลังงานมากพอ โครงสร้างที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์มีลักษณะเหมือนกับไดโอดทั่วไป ประกอบด้วย รอยต่อระหว่างวัสดุสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันสองชั้น ได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นขั้วบวก และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็นขั้วลบ สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานในลักษณะดังกล่าวส่วนมากเป็นซิลิคอน เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและประจุบวกขึ้น ซึ่งได้แก่ อิเล็กตรอน และโฮล ดังรูปที่รูปที่ 1–1 ทั้งนี้โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบ และทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไหลไปที่ขั้วบวก ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสอง เมื่อเราต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบไฟฟ้ากระแสตรงก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



รูปที่ 1–1 ลักษณะการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือโมดูล จะประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์หลาย ๆ เซลล์ต่อร่วมกัน เพื่อให้มีขนาดกำลังไฟฟ้าตามที่ผู้ผลิตต้องการ ด้านหน้าของแผงเซลล์จะปิดด้วยกระจกนิรภัยที่เคลือบสารป้องกันการสะท้อนของแสงอาทิตย์ ส่วนด้านหลังมักจะเป็นกระจกนิรภัยเช่นกัน มีการใช้กาวชนิดพิเศษซีลอย่างดีเพื่อกันความชื้นไม่ให้สัมผัสกับตัวเซลล์และขั้วต่อภายใน และหุ้มด้วยกรอบอะลูมิเนียมเพื่อให้มีความคงทนและไม่เป็นสนิม นอกจากนี้ด้านหลังของแผงเซลล์จะมีกล่องต่อสายไฟฟ้า 2 เส้น เส้นหนึ่งคือสายไฟขั้วบวก อีกเส้นคือสายไฟขั้วลบ ที่ปลายสายไฟทั้ง 2 เส้น จะมีขั้วต่อสำหรับการต่ออาเรย์หรือหลาย ๆ แผง โดยขั้วไฟบวกและขั้วไฟลบจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน

1.1.1 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อแบ่งออกตามโครงสร้าง แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) และกลุ่มฟิล์มบาง (Thin Layer Cells หรือ Thin Film Cells)

ทั้งนี้กลุ่มผลึกซิลิคอนจะใช้สารทั้งตัวนำซิลิคอนเป็นวัสดุหลักในการผลิต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Cells) และชนิดหลายผลึก (Polycrystalline Cells) ซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งในประเทศไทยนิยมใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่มนี้

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์

สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal) เซลล์ชนิดนี้ทำมาจากผลึกซิลิคอน แต่ละเซลล์จะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยม แบบวงกลม และแบบกึ่งวงกลม ขนาดของเซลล์มี 3 ขนาด คือ 4 5 และ 6 นิ้ว มีความหนาของแผ่นเซลล์ประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร สีน้ำเงินเข้มหรือสีเทาเข้ม และมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 17-22

รูปที่ 1–2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว (Monocrystalline Cells)

2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์

สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แบบผลึกผสม (Polycrystalline Silicon) ซึ่งทำจากซิลิคอนเช่นกัน แต่มีกระบวนการที่แตกต่างกัน ทำโดยการสร้างผลึกผสมและเทลงในแบบหล่อแท่งสี่เหลี่ยม เมื่อหล่อผลึกเสร็จแล้วจึงนำก้อนผลิตมาตัดเป็นแผ่นบาง ๆ มีความหนาประมาณ 0.24-0.30 มิลลิเมตร มีขนาด 6-8 นิ้ว ยิ่งมีขนาดใหญ่ ราคายิ่งถูกลง ประสิทธิภาพของเซลล์

ชนิดโพลีคริสตัลไลน์อยู่ระหว่างร้อยละ 15-17 สีของผลึกผสมจะเป็นสีผสมกันระหว่างสีน้ำเงิน สีเงิน และสีเทา รูปร่างของเซลล์จะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม

รูปที่ 1–3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดหลายผลึก (Polycrystalline Cells)

โดยแผงชนิดกลุ่มผลึกซิลิคอนทั้งแบบชนิดโมโนคริสตัลไลน์และโพลีคริสตัลไลน์มีข้อดี-ข้อเสีย ดังนี้

ตารางที่ 1–1 ข้อดีและข้อเสียของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์และโพลีคริสตัลไลน์

ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ข้อดี	ข้อเสีย
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโมโนคริสตัลไลน์	• มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผลิตจากซิลิคอนเกรดดี มีประสิทธิภาพประมาณ 17-22% • ประสิทธิภาพต่อพื้นที่สูงสุด เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้าสูงแต่ใช้พื้นที่น้อยในการติดตั้ง • มีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉลี่ยประมาณ 25 ปีขึ้นไป • ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าชนิดโพลีคริสตัลไลน์ เมื่ออยู่ในภาวะแสงน้อย	• มีราคาแพงกว่าชนิดอื่น ๆ • หากหน้าแผงมีความสกปรกหรือถูกบังแสงในบางส่วนของแผง อาจจะทำให้วงจรเสียหายได้ เนื่องจากเกิดโวลต์สูงเกินไป
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีคริสตัลไลน์	• มีประสิทธิภาพน้อยกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์ เนื่องจากใช้ปริมาณซิลิคอนในการผลิตน้อยกว่า มีประสิทธิภาพประมาณ 15-17% (ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีทำให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับชนิดโมโนคริสตัลไลน์) • ประสิทธิภาพในการใช้งานที่อุณหภูมิสูงดีกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์	• มีประสิทธิภาพต่อพื้นที่ต่ำกว่าชนิดโมโนคริสตัลไลน์

ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	ข้อดี	ข้อเสีย
	• มีราคาถูกกว่าชนิดชนิดโมโนคริสตัลไลน์	

สำหรับกลุ่มฟิล์มบางนั้นจะมาจากสารกึ่งตัวนำเช่นกันแต่มีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดจะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน วิธีการผลิตจะใช้เทคโนโลยีการฉีดสารกึ่งตัวนำบางชนิดลงไปบนกระจกหรือวัสดุอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนที่ต่ำลง เช่น อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Cells) คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide : CIS) แคดเมียม เทลูไรด์ (Cadmium Telluride : CdTe) เป็นต้น สารกึ่งตัวนำเหล่านี้จะถูกเคลือบลงบนกระจก โดยมีความหนาเพียง 0.001 มิลลิเมตร เท่านั้น ซึ่งเป็นชั้นที่บางมาก จึงถูกเรียกว่าชนิดฟิล์มบาง เซลล์แสงอาทิตย์ในกลุ่มนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำและมีราคาที่ถูกกว่า เช่น

1.1.2 ปัจจัยที่ส่งผลกับสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1) การบังแสง (Shading)

การเลือกสถานที่ติดตั้งของระบบแผงเซลล์ ควรหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่ใกล้ต้นไม้ อาคาร และแถวของระบบแผงเซลล์ที่อยู่ติดกันมากไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเงาบนระบบแผงในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของวัน สิ่งที่สำคัญ คือ เงา ซึ่งสามารถถูกกำจัดออกไปเกือบหมดหรือลดลงให้อยู่ในช่วงเวลาที่น้อย จะจำกัดประสิทธิภาพของระบบแผงเซลล์เป็นอย่างมาก ตัวอย่างของเงา เช่น เสาอากาศโทรทัศน์ ปล่องไฟ สายไฟบนเสาแรงสูง เงาจากระบบแผงเซลล์อื่น เป็นต้น

ทั้งนี้การออกแบบไม่ควรให้เกิดเงาบนระบบแผงเซลล์ เพราะการเกิดเงาแม้เพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ หรือเงาขนาดเล็กก็จะส่งผลให้สมรรถนะของระบบแผงเซลล์ลดลง

2) อุณหภูมิที่สูงขึ้น

สมรรถนะของระบบแผงเซลล์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงต้องออกแบบให้มีการถ่ายเทอากาศที่ดี โดยต้องทำให้แต่ละแผงเซลล์มีอุณหภูมิลดลงเท่าที่จะสามารถทำได้

3) แรงดันตกในสายเคเบิล

ในขั้นตอนการออกแบบ การกำหนดขนาดของเคเบิลภายในระบบแผงเซลล์ และเคเบิลที่เชื่อมต่อจากระบบแผงเซลล์ไปยังวงจรการใช้งาน จะมีผลกระทบต่อแรงดันตกในสายเคเบิลขณะมีโหลด โดยเฉพาะในกรณีของระบบที่ออกแบบให้มีแรงดันต่ำและกระแสสูง จะทำให้มีแรงดันตกมาก ข้อแนะนำในการออกแบบ คือ สำหรับระบบแผงเซลล์แรงดันต่ำภายใต้สภาวะที่โหลดสูงสุด แรงดันตกในเคเบิลจากแผงเซลล์ที่ไกลที่สุดถึงอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าต้องไม่เกินร้อยละ 3 ของแรงดันกำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือ V_{mp} (ที่สภาวะทดสอบมาตรฐาน)

4) ความสกปรกบนผิวหน้าของแผงเซลล์ในระบบแผงเซลล์

ผิวหน้าของระบบแผงเซลล์ที่สกปรกจากฝุ่น ครบสกปรก มูลนก มลภาวะทางอุตสาหกรรม และอื่น ๆ ทำให้สมรรถนะของระบบแผงเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดเป็นประจำ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีปัญหามลภาวะ

5) มุมองศาการติดตั้ง

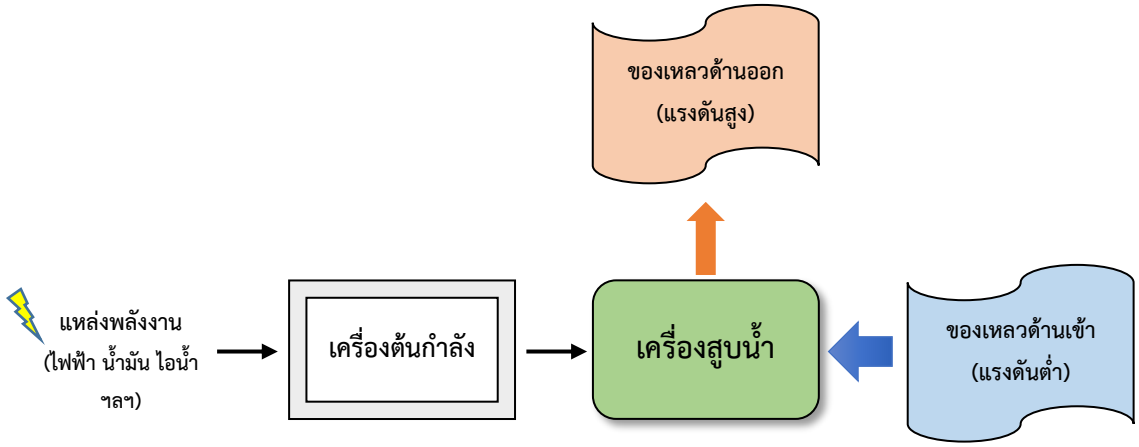
มุมเอียงของแผงเซลล์ต่อแนวระดับ และทิศทางของแผงเซลล์ เมื่อเทียบกับทิศใต้ส่งผลต่อสมรรถนะของระบบ

6) การเสื่อมสภาพของแผงเซลล์

อายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของแผงเซลล์มีผลกระทบให้สมรรถนะของแผงเซลล์ลดลง ซึ่งการเสื่อมสภาพของแต่ละแผงเซลล์ในระบบแผงเดียวกันอาจจะไม่เท่ากัน

1.2 เครื่องสูบน้ำ (Water Pumps)

เครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสูบน้ำหรือทำให้น้ำเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยขับเคลื่อนของเหลวหรือก๊าซผ่านทางระบบท่อปิด (Pipe) ไปสู่จุดหมายการใช้งานที่ต้องการโดยการเพิ่มความดันและเพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลนั้น ๆ เป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง แต่กลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้ของเหลวไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะใบพัด อาจเป็นได้ทั้งใบพัด (Impeller) เกลียว (Screw) ลูกสูบ (Piston) ไดอะแฟรม (Diaphragm) เฟือง (Gear) และกลไกอื่น ๆ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดพลังงานให้กับของเหลวได้ ทั้งนี้เครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงผังการทำงานของเครื่องสูบน้ำในรูปที่ 1–4



รูปที่ 1–4 แผนผังการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่นำมาต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีทั้งประเภทจุ่มใต้น้ำ (แบบจุ่มบ่อบาดาล) แบบจุ่มหรือแช่ และแบบชัก ซึ่งจะเลือกใช้แบบใดขึ้นอยู่การปริมาณความต้องการน้ำ ความสามารถในการดูดน้ำ และความดันน้ำที่ต้องการ เช่นเดียวกับเครื่องสูบน้ำทั่วไป ทั้งนี้เครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำหรือบาดาล

เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำหรือบาดาล (Submersible Pumps) หรือที่นิยมเรียกกันว่า “ปั๊มซับเมิร์ส” นิยมใช้กรณีที่ต้องสูบน้ำจากบ่อน้ำลึก (ลึกมากกว่า 15 เมตร) เนื่องจากเครื่องสูบน้ำชนิดนี้สามารถสูบน้ำได้ลึก การติดตั้งจะถูกติดตั้งภายในบ่อน้ำบาดาล โดยน้ำจะถูกส่งผ่านมาตามท่อเข้าสู่ระบบ สำหรับไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำนั้นจะจ่ายผ่านสายไฟฟ้าที่ต่อจากตู้ควบคุม ในปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงหลัง เนื่องจากการไม่ต้องมีการล่อน้ำก่อนใช้ และไม่มีปัญหาการกัดกร่อนและการสั่นสะเทือน นอกจากนี้เครื่องสูบน้ำจุ่ม

ในปัจจุบันยังมีมอเตอร์จุ่มน้ำและแมคคานิคอลซีลที่มีคุณภาพดีขึ้น บวกกับราคาเครื่องสูบน้ำที่ต่ำลงทำให้เครื่องสูบน้ำจุ่มใต้น้ำได้รับความนิยมขึ้นมา

ข้อดีของเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำหรือบาดาล คือ สามารถดูดน้ำได้ลึก (มากกว่า 15 เมตร) สามารถส่งน้ำได้สูง การดูแลรักษาง่าย

ที่มา : https://www.dohome.co.th/nash-solar-water-pump-300w-submersible-water-pump-24-volt-voltage-10316825.html

รูปที่ 1–5 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มใต้น้ำ

2) เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มหรือแช่

เครื่องสูบน้ำแบบจุ่มหรือแช่หรือปั๊มไดโว่ จะเน้นการส่งน้ำปริมาณมาก ๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่ต่างระดับกันไม่มากนัก หรือใช้สำหรับการสูบเพื่อระบายน้ำออกจากแปลง ดูดน้ำจากบ่อปลา เป็นต้น

ข้อดีของเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มหรือแช่ คือ ใช้งานง่าย เคลื่อนย้ายง่าย และน้ำหนักเบา ได้ปริมาณน้ำมาก แต่ข้อเสีย คือ ส่งน้ำได้ไม่สูง และต้องแช่ตัวปั๊มไว้ในน้ำตลอดเวลา

รูปที่ 1–6 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มหรือแช่

3) เครื่องสูบน้ำแบบชัก

เครื่องสูบน้ำแบบชักหรือปั๊มชัก ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวมอเตอร์ และตัวเครื่องสูบ ซึ่งจะต้องอาศัยมอเตอร์สำหรับขับลูกสูบในห้องเครื่องสูบ ทั้งนี้มอเตอร์ที่ใช้ในกรณีที่ต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยการขับเคลื่อนมอเตอร์ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้น เครื่องสูบน้ำชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มหรือแช่พอสมควร

ข้อดีของเครื่องสูบน้ำแบบชัก คือ สามารถดูดน้ำได้ลึกประมาณ 10 เมตร ส่งน้ำได้ค่อนข้างสูง ใช้รอบต่ำ และสามารถดัดแปลงตัวมอเตอร์ไปติดตั้งกับชุดเครื่องสูบน้ำอื่น ๆ ได้ ข้อเสีย คือ มีเสียงดังขณะทำงาน

รูปที่ 1–7 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบชัก

ข้อมูลที่ควรทราบในการเลือกซื้อเครื่องสูบน้ำ

- ปริมาณน้ำตามความต้องการ (ลิตรต่อนาทีหรือลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
- ความลึกของบ่อบาดาลหรือแหล่งน้ำ และความสูงของระยะส่งน้ำ
- ขนาดกำลังไฟฟ้า (วัตต์) หรือแรงม้า (hp)
- ขนาดท่อส่งของเครื่องสูบน้ำ (นิ้ว)
- กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (กระแสตรงหรือกระแสสลับ)

1.3 ท่อและวาล์ว (Pipe and Valve)

1.3.1 ระบบท่อ

การติดตั้งท่อเพื่อจ่ายน้ำจะต้องคำนวณอัตราการไหลและแรงดันที่อุปกรณ์ใช้น้ำต้องการ การออกแบบท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปจะเกิดแรงเสียดทานในท่อมาก เครื่องสูบน้ำจะต้องทำงานหนักและน้ำไหลช้า ท่อจ่ายน้ำอาจมีการติดตั้งอุปกรณ์เปิด-ปิด เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษา ทั้งนี้ท่อน้ำมีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติและการใช้งาน ดังนี้

1) ท่อเหล็กอาบสังกะสีหรือท่อเหล็กกัลวาไนซ์

ข้อดี มีความแข็งแรง รับน้ำหนักได้ดี ทนทานต่อแรง กระแทกได้ ไม่หักงอ ทนต่อความดันและอุณหภูมิที่สูง ๆ เช่น เครื่องทำน้ำร้อน

ข้อเสีย ราคาค่อนข้างแพง ถ้าใช้ไปนานๆ อาจเกิดสนิม ได้ โดยเฉพาะที่ฝังอยู่ในดิน อาจเป็นอันตรายถ้านำน้ำในท่อ มารับประทาน

2) ท่อพีวีซี (PVC)

ข้อดี น้ำหนักเบา ราคาถูกกว่า สามารถดัดงอได้ และ ไม่เกิดสนิมน้ำในท่อจะสะอาดกว่า

ข้อเสีย ไม่สามารถทนต่อแรงกระแทกแรงๆ ได้ ไม่ทน ต่อความดันและอุณหภูมิที่สูง

ในปัจจุบันท่อชนิดนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในวงการก่อสร้าง เพราะด้วยคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างไม่ว่าจะเป็น คุณสมบัติที่มีความเหนียวยืดหยุ่นตัวได้ดี ทนต่อแรงดันน้ำ ทนต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นฉนวนนำไฟฟ้า เพราะไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า เป็นวัสดุไม่ติดไฟ มีน้ำหนักเบาอีกทั้งยังราคาถูกอีกด้วย ท่อพีวีซีจึงถูกนำมาใช้ในงานหลาย ๆ ระบบ อาทิเช่น ระบบประปา ระบบงานร้อยสายไฟฟ้า ระบบงานระบายน้ำทางการเกษตร/อุตสาหกรรม

ชนิดของท่อพีวีซี (PVC) สามารถแบ่งตามชนิดการใช้งานโดยใช้สีเป็นตัวแบ่งชนิดออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ท่อพีวีซีสีฟ้า สีเหลือง และสีเทา ซึ่งท่อทั้ง 3 สีนี้เป็นท่อพีวีซีแข็งเหมือนกันแต่ก็ไม่สามารถใช้งานแทนกันได้ เหตุที่ไม่สามารถแทนกันได้ก็เป็นเพราะว่าท่อแต่ละสีนั้นถูกผลิตขึ้นมาให้ใช้ ในงานที่แตกต่างกันออกไปผลิตขึ้นมาเพื่อให้เหมาะกับงานนั้น ๆ มีรายละเอียดดังนี้

- ท่อพีวีซีสีฟ้าหรือท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก.17-2532 ท่อชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้งานประปาสุขาภิบาลภายในอาคาร เช่น ใช้เป็นท่อน้ำประปา หรือใช้กับเครื่องสูบน้ำ ซึ่งท่อประเภทนี้มีการระบุมาตรฐานความดันหรือชั้นคุณภาพ อันได้แก่ PVC 5, PVC 8.5, PVC 13.5 ซึ่งตัวเลขที่ได้ระบุคือค่าความดันระบุและค่าความดันระบุหมายถึง ความดันที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส โดยในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้อธิบายไว้ว่า ชั้นคุณภาพคือ ความดันระบุที่มีหน่วยเป็นเมกะพาสคัล ซึ่งท่อชนิดนี้ไม่ทนต่อแสงแดด เพราะการที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรงนั้นจะทำให้ท่อเสื่อมคุณภาพและแตกหักได้ง่าย
- ท่อพีวีซีสีเหลืองหรือท่อพีวีซีแข็งสำหรับร้อยสายไฟฟ้าและสายโทรศัพท์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือ มอก.216-2524 ท่อพีวีซีสีเหลืองนั้นเป็นท่อที่ผลิตขึ้นมาใช้เพื่อร้อยสายไฟหรือสายโทรศัพท์ภายในอาคารโดยเฉพาะ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า จึงไม่นำไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟรั่ว มีคุณสมบัติไม่เป็นสนิมและไม่ลามไฟ
- ท่อพีวีซีสีเทาหรือท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือ มอก.999-2533 ท่อชนิดนี้ถูกผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในงานการเกษตรหรืองานระบายน้ำทิ้งโดยเฉพาะ เหมาะกับงานที่ไม่ต้องใช้แรงดันของท่อมากนัก แต่ท่อประเภทนี้ทาง สมอ. หรือสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยังไม่ได้กำหนดเป็นกฎเกณฑ์ตายตัวว่าต้องใช้ผลิตภัณฑ์ที่มี มอก. 999-2533 สำหรับในงานระบายน้ำทิ้งหรืองานด้านการเกษตร มีราคาค่อนข้างถูก ไม่ค่อยแข็งแรง ควรจะเดินลอยไม่ควรฝังดิน

รูปที่ 1–8 ท่อพีวีซีที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

1.3.2 วาล์ว (Valve)

สำหรับระบบสูบน้ำ นอกจากจะมีระบบท่อเป็นส่วนสำคัญแล้ว วาล์ว (Valve) นับว่าเป็นอุปกรณ์ตัวช่วยสำคัญสำหรับใช้ติดตั้งกับระบบ โดยการเลือกซื้อวาล์วติดตั้งงานระบบสูบน้ำนั้น จะช่วยอำนวยความสะดวกการใช้งานในการเปิด-ปิดน้ำได้ง่าย ง่ายต่อการติดตั้งและซ่อมแซมอุปกรณ์ตามจุดน้ำต่าง ๆ รวมไปถึงสามารถช่วยรักษาอายุการใช้งานของวัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ติดตั้งควบคู่ได้อีกด้วย ทั้งนี้ตัวอย่างวาล์วที่มีการใช้งานในระบบสูบน้ำ จะมีรายละเอียดดังนี้

1) เกทวาล์ว (Gate Valve)

เป็นวาล์วที่ใช้สำหรับเปิด-ปิดของไหลในท่อ โดยตัวเปิด-ปิดจะเป็นแผ่นทองเหลืองเลื่อนขึ้น-ลง เพื่อปิดทางน้ำไม่ให้ไหลผ่านวาล์วไป การเลื่อนขึ้น-ลงของแผ่นทองเหลืองนี้คล้ายกับประตูกั้นน้ำจึงเรียกเกทวาล์วว่า “ประตูน้ำ” การใช้งานวาล์วประเภทนี้ที่ถูกต้องจะต้องเปิดหรือปิดให้สุด เนื่องจากการรองรับและการบังคับวาล์วไม่แข็งแรงพอ อาจทำให้เกิดเสียงดังหรือเกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวาล์วหากเปิด-ปิดไม่เต็มที่ จากโครงสร้างของวาล์วจึงเหมาะนำไปใช้งานเปิด-ปิดเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ควบคุมอัตราการไหลของน้ำ และใช้งานประเภทที่เปิด-ปิดวาล์วไม่บ่อยนัก

เกทวาล์วแบ่งตามการเคลื่อนที่ของก้านวาล์ว (Stem) เวลาเปิด-ปิดวาล์วได้เป็นแบบก้านวาล์วเลื่อนขึ้น (rising stem) และก้านวาล์วคงที่ (non-rising stem) ซึ่งต่างกันตรงที่แบบก้านวาล์วคงที่จะฝังเกลียวซ้อนบริเวณก้านวาล์วและแผงกั้นน้ำ (disc) ทำให้เมื่อหมุนเปิดวาล์วก้านวาล์วจะไม่ยกขึ้น แต่หากเป็นแบบก้านวาล์วเลื่อนขึ้นจะเป็นเกลียวระหว่างก้านวาล์วกับตัวของวาล์ว

2) โกลบวาล์ว (Globe Valve)

เป็นวาล์วที่ภายนอกดูคล้ายเกทวาล์ว แต่หากสังเกตดี ๆ จะเห็นว่าตัววาล์วจะมีรูปร่างบวมกว่า เนื่องจากภายในโครงสร้างของวาล์วที่ออกแบบบังคับให้น้ำหมุนวนขึ้น-ลงขณะเดินผ่านวาล์ว และบังคับอัตราไหลของน้ำ โดยระหว่างที่น้ำเดินทางวนขึ้นจะมีแกนวาล์วกดแผ่นจานเพื่อกั้นน้ำเอาไว้ก่อนจะเดินทางวนลง โดยแผ่นจานกั้นนี้จะเชื่อมติดกับแกนวาล์ว และสามารถเคลื่อนตัวขึ้น-ลง เพื่อควบคุมปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านออกจากวาล์วไป การบังคับให้น้ำเคลื่อนที่วนเพื่อลดแรงดันของน้ำทำให้สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้ง่ายขึ้น และด้วยลักษณะการทำงานของวาล์วประเภทนี้ ทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นน้อย จึงเหมาะนำไปใช้งานที่ต้องการเปิด-ปิดวาล์วบ่อยครั้ง วาล์วประเภทนี้มีเฉพาะแบบก้านวาล์วเลื่อนขึ้น (rising stem) เท่านั้น เมื่อใช้งานวาล์วประเภทนี้จะต้องต่อให้ถูกตามทิศทางการไหลของน้ำ โดยจะต้องต่อในลักษณะที่ให้น้ำไหลเข้าทางด้านล่างของบ่าวาล์ว หากต่อผิดจะทำให้มีปัญหาการรั่วซึม

3) วาล์วฉาก (Angle Valve)

เป็นวาล์วที่มีหลักการทำงานเหมือนโกลบวาล์ว แต่ต่างกันที่ตำแหน่งน้ำไหลเข้า-ไหลออกทำมุมกัน 90 องศา ฉะนั้นนอกจากจะใช้งานวาล์วฉากเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำแล้ว ยังต้องการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำในขณะเดียวกันด้วย

4) วาล์วปีกผีเสื้อ (Butterfly Valve)

เป็นวาล์วที่มีลิ้นวาล์วเป็นแผ่นหมุนเปิด-ปิดกั้นทางน้ำ ลิ้นวาล์วแบบแผ่นนี้จะเป็นรูปวงกลมตามหน้าตัดเส้นท่อ และยึดติดกับก้านวาล์วตรงกลางแผ่น เพื่อใช้หมุนบังคับเปิด-ปิดวาล์ว เมื่อดูที่แผ่นวาล์วที่ถูกยึด

กับก้านวาล์วแล้วดูคล้ายผีเสื้อ จึงเรียกว่า Butterfly Valve วาล์วประเภทนี้เปิด-ปิดน้ำด้วยการหมุน 90 องศา เช่นเดียวกับบอลวาล์ว และสามารถควบคุมอัตราการไหลได้ด้วยการหมุนแผ่นทำมุมกับหน้าตัดท่อที่มุมต่าง ๆ วาล์วนี้ต่างจากวาล์วแบบบอลวาล์วตรงที่ตัวลิ้นวาล์วจะอยู่ในช่องทางการไหลอยู่เสมอ จึงทำให้เกิดแรงดันสูญเสียในการไหล ไม่ว่าวาล์วจะเปิดอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม มีข้อดี คือ ตัววาล์วจะมีรูปร่างบาง สามารถติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัดได้ และเป็นวาล์วที่มีความทนทาน ต้องการการบำรุงรักษาน้อย มักใช้งานกับวาล์วที่มีขนาดใหญ่

5) เช็ควาล์ว (Check Valve)

เป็นวาล์วที่ใช้สำหรับบังคับให้น้ำไหลไปในทิศทางที่ต้องการเพียงทิศเดียว น้ำจะไม่สามารถไหลย้อนกลับไปในทิศที่เราไม่ต้องการได้เมื่อมีแรงดันลดลง เช็ควาล์วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการทำงาน ได้แก่

- แบบเหวี่ยง (Swing check valve) เป็นวาล์วที่ทำงานโดยการเหวี่ยงตัวเพื่อเปิดทางให้น้ำไหลผ่านคล้ายประตูเปิด-ปิด ซึ่งประตูนี้จะถูกแรงดันน้ำผลักให้เปิดออกเมื่อน้ำไหลผ่านในทิศทางที่กำหนด แต่ประตูนี้จะปิดหากเกิดแรงดันน้ำในทิศทางตรงข้าม วาวล์วแบบเหวี่ยงเกิดแรงต้านทางเมื่อน้ำไหลผ่านวาล์วต่ำมาก มักใช้งานร่วมกับเกทวาล์ว
- แบบยก (Lift check valve) เป็นวาล์วที่มีแผ่นวาล์วอุดปิดทางเดินน้ำ โดยจะยกตัวขึ้นเมื่อมีน้ำไหลผ่านเพื่อเปิดทางให้น้ำไหลผ่านไป และจะยุบตัวลงปิดกั้นทางน้ำไม่ให้ไหลย้อนกลับเมื่อแรงดันในท่อลดลง ของเหลวที่ไหลผ่านเช็ควาล์วแบบยกจะเกิดการหมุนวนของน้ำคล้ายกับโกลบวาล์ว วาล์วแบบนี้มีแรงต้านทานเมื่อน้ำไหลผ่านวาล์วค่อนข้างสูง นิยมนำไปใช้งานร่วมกับโกลบวาล์วและวาล์วฉากที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำบ่อย ๆ

ก) Gate Valve ข) Globe Valve ค) Angle Valve ง) Butterfly Valve จ) Check Valve

รูปที่ 1–9 ตัวอย่างวาล์วแบบต่าง ๆ

1.4 ระบบต้นกำลัง (Prime Movers)

เครื่องต้นกำลังที่ใช้ขับเครื่องสูบน้ำมีอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า การใช้ต้นกำลังกับเครื่องสูบน้ำมีสิ่งสำคัญที่ใช้พิจารณา ได้แก่ แรงม้าของเครื่องต้นกำลัง ความเร็วรอบของเครื่องต้นกำลัง สำหรับการเลือกใช้ต้นกำลังนั้นอาจจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่ แต่โดยปกติแล้วถ้ามีไฟฟ้าควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเพราะราคาถูกกว่าเครื่องยนต์ การดูแลบำรุงรักษาง่ายกว่า และค่าไฟฟ้าถูกกว่าค่าน้ำมัน

เครื่องสูบน้ำบางประเภทมีต้นกำลังแยกส่วนกับเครื่องสูบน้ำ ดังนั้นในเวลาติดตั้งควรจะเลือกเครื่องสูบน้ำให้มีความเร็วรอบอยู่ในระดับเดียวกับความเร็วรอบทำงานต่อเนื่องของเครื่องยนต์ หากความเร็วรอบต่างกันจำเป็นต้อง

ทำการทดรอบก็สามารถทำได้โดยใช้มูเล่ย์และสายพาน แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นเครื่องสูบน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยต้นกำลังที่เป็นเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า ต้นกำลังต้องสามารถให้กำลังเครื่องสูบน้ำถึงจุดทำงานสูงสุดได้รวมทั้งเผื่อค่าความปลอดภัยด้วย สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าค่าที่เผื่อไว้ประมาณร้อยละ 10 และสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลประมาณร้อยละ 25 ประตูน้ำที่อยู่ทางด้านส่งน้ำควรจะเปิดเพียงเล็กน้อยก่อนในตอนเริ่มเดินเครื่อง เพื่อลดแรงในการสตาร์ทมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ ต้นกำลังควรจะมีระบบป้องกันที่ดีในกรณีที่ความดันในท่อเมนเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพิจารณาว่าจะใช้เครื่องต้นกำลังแบบไหนก็ควรจะคำนึงถึงข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้ก่อน

ตารางที่ 1–2 ตารางเปรียบเทียบการใช้เครื่องต้นกำลังแบบเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า

เครื่องต้นกำลัง	ข้อดี	ข้อเสีย
มอเตอร์ไฟฟ้า	1. ใช้งานสะดวก เช่น สตาร์ทง่าย 2. น้ำหนักเบา เวลาฉุดเครื่องสูบน้ำไม่มีการสั่นสะเทือน 3. การควบคุมการทำงาน เช่น สตาร์ท หรือ หยุด ทำได้โดยอัตโนมัติ และการบำรุงรักษาก็มี	1. ถ้าไฟดับเนื่องจากสายขาด หรือสาเหตุอื่น ๆ จะสูบน้ำไม่ได้ 2. ถ้าตำแหน่งที่จะติดตั้งเครื่องสูบน้ำอยู่ไกลจากสายส่งไฟฟ้า ค่าสายไฟและอุปกรณ์อื่น ๆ ตลอดจนการติดตั้งจะสูง 3. ค่าไฟฟ้าอาจจะสูง ถ้าใช้เครื่องสูบน้ำไม่เต็มที่ เนื่องจาก ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีอัตราคิดค่ากระแสไฟฟ้าจำนวนหนึ่งเป็นราคาตายตัว ซึ่งผู้ใช้จะต้องจ่ายเงินจำนวนนี้ไม่ว่าจะใช้เครื่องสูบน้ำหรือไม่
เครื่องยนต์	1. ใช้ฉุดเครื่องสูบน้ำในบริเวณที่ไฟฟ้าเข้าไปไม่ถึง 2. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ไม่มี เช่น สายไฟ หม้อแปลง	1. น้ำหนักมาก และสั่นสะเทือนเวลาติดเครื่อง 2. ถ้าขาดการบำรุงรักษาการสึกหรอจะมีมาก 3. ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงสูง

ทั้งนี้สำหรับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้แหล่งพลังงานเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (กรณีมีอินเวอร์เตอร์จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ) ในคู่มือฉบับนี้จึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะ “มอเตอร์ไฟฟ้า” เท่านั้น

<u>ต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า</u>

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motors) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้านี้มีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ทั้งนี้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายแบบหลายชนิดสำหรับใช้ให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ ดังนั้นในการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละแบบจึงควรทราบถึงคุณสมบัติ ตลอดจนการต่อใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้านั้น ๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้า

ส่วนใหญ่ต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าจะมีการถ่ายทอดกำลังโดยตรงกับเครื่องสูบน้ำ ซึ่งอาจจะติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำอยู่ในแกนเพลาเดียวกัน (ประกอบจากโรงงาน) หรือถ้าไม่ได้ติดตั้งอยู่บนแกนเพลาเดียวกันอาจจะใช้ข้อต่อแบบกากบาทและในกรณีที่ต้องการทดรอบต้นกำลังกับเครื่องสูบน้ำก็สามารถทำได้ด้วยการใช้พู่เล่ย์และสายพานเช่นเดียวกับแบบใช้เครื่องยนต์

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) หรือเรียกว่า ดีซี มอเตอร์ (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่า เอซี มอเตอร์ (AC Motor) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งนิยมใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดนี้มาก เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะ หรือในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า และอื่น ๆ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็ว โดยสามารถปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตามลักษณะของการต่อขดลวดสนามและขดลวดอาร์เมเจอร์ในการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

ที่มา : https://sites.google.com/site/stp622558/

รูปที่ 1–10 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ นิยมเรียกว่า ซีรีส์มอเตอร์ ข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม คือ ให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของ เครนไฟฟ้า ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ขณะเมื่อไม่มีโหลดจะมีความเร็วสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด ดังนั้นโหลดมากหรือทำงานหนักทำให้ความเร็วในการหมุนลดลงไป แต่ขดลวดของมอเตอร์จะไม่เป็นไหม้หรือเป็นอันตราย ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้เอง จึงนิยมนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมมาใช้งานเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านต่าง ๆ อาทิ เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้าไฟฟ้า เครื่องเป่าผม เป็นต้น ข้อคำนึงในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม คือ จะต้องมีโหลดมากขณะต่อใช้งานเสมอเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์ดังกล่าวไหม้หรือเป็นอันตรายได้

(2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ นิยมเรียกว่า ชันท์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนี้จะ

มีคุณลักษณะที่ดี คือ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนี้ นิยมนำมาใช้ในงานปรับความเร็วของพัดลม สาเหตุเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

(3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์แบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน นิยมเรียกว่า คอมเปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์ (Shunt Coil) อยู่ 2 วิธี วิธีหนึ่งโดยการต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับขดลวดอาเมเจอร์ เรียกว่าแบบ ชอทชันท์ (Short Shunt Compound Motor) และวิธีสองโดยการต่อขดลวดขนานนำมาขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์ เรียกว่าแบบลองชั้นท์ (Long Shunt Compound Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำข้อดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมาผสมกัน

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส ดังนี้

(1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส (AC Single Phase) เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการ คือ แปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยไฟฟ้าที่ใช้เป็นแบบกระแสสลับ มีหลายชนิดดังนี้ สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase Motor) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type Motor) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) และเช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole Motor) เป็นต้น ซึ่งมอเตอร์เฟสเดียวที่นิยมใช้เป็นต้นกำลังเครื่องสูบน้ำ ได้แก่ สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase Motor) คาปาซิ-เตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)

https://sites.google.com/site/nattadech5510122526011/home/mxtexr-fifa-khux-xari/hlak-kar-thangan-khxng-mxtexr/mxtexr-chnid-tang/mxtexr-fifakrasae-slab-ac-alternating-current-motor-hrux-xe-si-mxtexr/mxtexr-fifakrasae-slab-3fes

รูปที่ 1–11 ตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

(2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส (AC Three phase Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส มีข้อดีที่ความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิด

ไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูกโครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 Phase Induction Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องบำรุงรักษามากเหมือนเครื่องยนต์ หากมีการใช้งานและการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องอาจใช้งานได้นาน 20 ถึง 30 ปี เมื่อเทียบค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากับค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ จะพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าประหยัดกว่าถึงร้อยละ 30 มอเตอร์ที่ใช้กับเครื่องสูบน้ำโดยทั่ว ๆ ไป รอบการหมุนจะมีความเร็วคงที่คือ 1,450 และ 2,900 รอบต่อนาที ความเร็วที่ใช้กันมากที่สุดคือ 1,450 รอบต่อนาที และมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้าเพสเดียว (220V-50Hz) จะมีขนาดไม่เกิน 5 แรงม้า

1.5 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า และหน่วยเก็บสะสมพลังงาน

1.5.1 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า

หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า

1) หน่วยอุปกรณ์ควบคุม (Controller)

หน่วยอุปกรณ์ควบคุม คือ ชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุมและป้องกันที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานเปิด-ปิดเครื่องสูบน้ำ สามารถแสดงสภาวะทำงานของระบบ เช่น หลอดไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่องสูบน้ำ หลอดไฟแสดงการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หน้าจอแสดงสถานะความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบ เป็นต้น มีระบบป้องกันไฟกระชาก (Surge protection) บางครั้งมีสวิตช์ที่สามารถเลือกแหล่งพลังงานได้ เช่น พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือพลังงานจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟจากการไฟฟ้า) ทั้งนี้สามารถกำหนดการทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและแบบเลือกเองโดยผู้ใช้งาน

2) ตัวแปลงกระแสไฟฟ้าหรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 โวลต์ สัญญาณความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไม่สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในบ้านโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1) Standalone inverter หรือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ซึ่งจะเป็นอินเวอร์เตอร์ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแบตเตอรี่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
2) Grid tie inverter หรือ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสำหรับนะบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อมต่อระบบจำหน่าย โดยจะทำการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแอมปลิจูด ความถี่ และเฟสเหมือนกับรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

ในการใช้งานต้องมีค่ากำลังงานที่สูงกว่ากำลังวัตต์ที่ใช้งานร้อยละ 15-20 ทั้งนี้เนื่องจากอินเวอร์เตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 80-85 เช่น กำลังวัตต์ที่ต้องการใช้งาน 800 วัตต์ ต้องใช้อินเวอร์เตอร์

ขนาด 1 กิโลวัตต์ เป็นต้น อินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมต่อระบบจำหน่ายในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะเชื่อมโยงระหว่างระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV array) และระบบจำหน่าย (Grid) และภาระไฟฟ้า (AC loads) โดยรับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งมีความถี่และแรงดันเดียวกับระบบจำหน่าย

ผู้ผลิตอินเวอร์เตอร์เกือบทุกรายจะผลิตอินเวอร์เตอร์ซึ่งมีฟังก์ชันบันทึกข้อมูลภายในตัวเครื่อง โดยตรงหรืออาจเป็นส่วนเพิ่มของอุปกรณ์ ข้อมูลเหล่านี้สามารถอ่านและแสดงผลบนหน้าจอของเครื่อง หรือส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถติดตามและประเมินการทำงานของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้ ข้อมูลทั่วไปซึ่งจะถูกบันทึก คือ

- ด้านอินพุต ได้แก่ แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า
- ด้านเอาต์พุต ได้แก่ แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า
- เวลาในการทำงานของอินเวอร์เตอร์
- ปริมาณพลังงานที่ผลิตได้
- สถานะของอินเวอร์เตอร์และความผิดปกติที่เกิดขึ้น

1.5.2 หน่วยเก็บสะสมพลังงาน

หน่วยเก็บสะสมพลังงานหรือแบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยกักเก็บพลังงานในกรณีที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเวลากลางวันแต่ไม่สามารถเก็บพลังงานมาใช้ในตอนช่วงกลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีแสงได้ โดยแบตเตอรี่ที่เหมาะสำหรับการใช้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มี 2 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน (Li-ion) มักพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระดับสูง เช่น โทรศัพท์มือถือ แล็ปท็อป เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยแบตเตอรี่ Li-ion ไม่นิยมนำมาใช้ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือนเนื่องจากมีราคาสูง แต่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและความจุพลังงานสูง โดยเฉลี่ยสามารถใช้งานได้นานถึง 5 ปี นับจากวันที่ผลิตและขึ้นอยู่กับวิธีการใช้งาน
2) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead acid) เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุด โดยมีอายุการใช้งานตั้งแต่ 2-10 ปี แบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถพบได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น 2 6 12 และ 24 โวลต์ นอกจากนั้นแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่คุ้มค่าที่สุดในตลาด ส่วนการติดตั้งสามารถติดตั้งได้ง่ายโดยติดตั้งในสถานที่ที่มีการระบายอากาศเพียงพอ ทั้งนี้สามารถจำแนกประเภทออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่
    - ประเภทลักษณะการใช้งาน ได้แก่ แบตเตอรี่แบบสตาร์ทเตอร์ มักใช้ในการสตาร์ทรถยนต์ ถูกออกแบบให้มีความสามารถจ่ายกระแสได้สูงได้ระยะเวลาสั้น ๆ ไม่เหมาะสำหรับการใช้เก็บพลังงานแสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่แบบดีพไซเคิล (Deep cycle Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความสามารถในการจ่ายพลังงานได้ลึกหรือมากกว่าแบตเตอรี่แบบธรรมดา มักจะใช้กับระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานทางเลือกอื่น ๆ

- ประเภทของเซลล์ ได้แก่ แบตเตอรี่เซลล์เปียก (Flooded) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่มีอยู่ทั่วไป กรดแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นของเหลว ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาเป็นประจำ และแบตเตอรี่แห้ง (Sealed) เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกปิดผนึกโดยสนิทไม่ต้องบำรุงรักษา

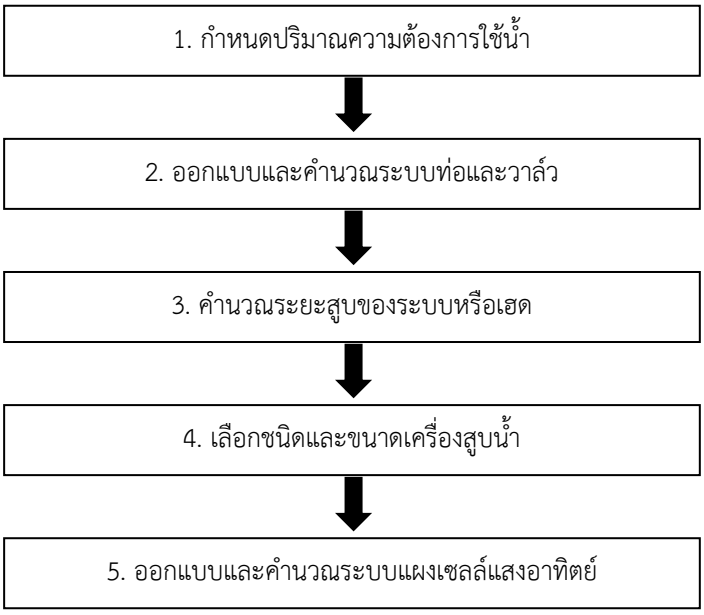
แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เก็บสำหรับพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยวัดเป็น วัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ซึ่งแบตเตอรี่ขนาดใหญ่สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ขนาดของแบตเตอรี่แสดงเป็นความจุ (C) หน่วยเป็นแอมแปร์ชั่วโมง (Ah) ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ มีความจุ 100 แอมแปร์ชั่วโมง สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้ 1,200 วัตต์ชั่วโมง (12 โวลต์ x 100 แอมแปร์ชั่วโมง) ซึ่งหมายความว่า หากมีการดึงกระแส 1 แอมแปร์ จะสามารถจ่ายกระแสได้นาน 100 ชั่วโมงเมื่อชาร์จเต็ม

อายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Lifetime) จะถูกกำหนดเป็นรอบ (Cycle) หมายความว่าแบตเตอรี่สามารถใช้ได้ในจำนวนรอบที่กำหนดเท่านั้น หลังจากนั้นจะเริ่มเสื่อมและสูญเสียความสามารถในการเก็บประจุลง ยิ่งคายประจุแบตเตอรี่มากเท่าไหร่ก็จะยิ่งมีรอบเวลาที่สั้นลงเท่านั้น ทั้งนี้แบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานนานเท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับว่ามีการใช้แบตเตอรี่บ่ายแค่ไหน ความลึกของการคายประจุ (DoD) (ตัวอย่างเช่น หลอดไฟเชื่อมกับแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมแปร์ชั่วโมง หลอดไฟทำงาน 10 ชั่วโมง แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้หลอดไฟ 1 แอมแปร์ รวมแบตเตอรี่จะคายประจุ 10 แอมแปร์ชั่วโมง คิดเป็น DoD ร้อยละ 10) และอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยกระบวนการคายประจุและชาร์จประจุใหม่เรียกว่า “รอบ” ทั้งนี้ยิ่งมีการคายประจุ (DoD) มาก จะทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่สั้นลงกว่าการคายประจุ (DoD) น้อย ซึ่งข้อมูลจำนวนรอบการใช้งานมักจะถูกระบุในคุณลักษณะของแบตเตอรี่ที่ผู้ผลิตได้แจ้งรายละเอียดไว้

บทที่ 2
หลักการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ หากแบ่งตามลักษณะของแหล่งจ่ายไฟ ประกอบด้วย 2 ระบบหลัก คือ ระบบขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงหรือแบบต่อตรง และระบบขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอินเวอร์เตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ สำหรับขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำกระแสสลับ ซึ่งแบ่งออกเป็นมอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียวและกระแสสลับสามเฟส หากแบ่งตามทิศทางของแนวสูบน้ำ จะแบ่งออกเป็นระบบสูบน้ำแนวนอนหรือผิวดิน และระบบสูบน้ำแนวดิ่งหรือใต้ดิน (บาดาล) ซึ่งอาจมีรายละเอียดแตกต่างกันบ้าง เช่น ชนิดและคุณลักษณะเครื่องสูบ การคำนวณระยะเฮด เป็นต้น

ในการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จะประกอบด้วย การประเมินความต้องการในการขับเคลื่อนของไหล (Requirement Hydraulic Energy) ซึ่งประกอบด้วยความต้องการน้ำที่จะสูบ (ลูกบาศก์เมตร) และความสูงของระยะสูบหรือเฮด (Head Product, เมตร) จากแหล่งน้ำไปยังจุดใช้น้ำ หลังจากนั้นจึงออกแบบระบบท่อโดยเลือกขนาดท่อและวาล์วสำหรับระบบ การเลือกเครื่องสูบน้ำและต้นกำลังที่เหมาะสม จากนั้นจึงออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงระบบควบคุมอื่น ๆ ตามความต้องการของการใช้งานระบบ ตามลำดับ ดังนั้นในการออกแบบระบบ จึงต้องทราบปริมาณความต้องการน้ำโดยอาศัยจากการคำนวณปริมาณ เข้าใจหลักการคำนวณระยะสูบเฮดหรือความดันของระบบ ซึ่งต้องอาศัยทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ ทฤษฎีกลศาสตร์ของไหล เครื่องสูบน้ำ ท่อ วาล์ว มอเตอร์ต้นกำลังและอุปกรณ์ควบคุม และระบบเซลล์แสงอาทิตย์ตามลำดับ



รูปที่ 2–1 แนวทางการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ทั้งนี้จากแบบแนะนำระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ของสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงานนั้น เป็นแบบระบบไฟฟ้ากระแสตรงและไม่มีการเก็บประจุด้วยแบตเตอรี่ เนื่องจากเป็นระบบที่อุปกรณ์น้อย การติดตั้งระบบไม่ซับซ้อน ประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรง และระบบท่อ ดังนั้นในบท

นี้จะกล่าวถึงการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 2–1 ซึ่งจะไม่มีหลักการออกแบบอินเวอร์เตอร์ ตัวชาร์จประจุ และแบตเตอรี่

2.1 การประมาณความต้องการใช้น้ำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อการเพาะปลูก การจัดการทรัพยากรน้ำทางการเกษตรเป็นอีกการประยุกต์ใช้งานหนึ่งที่มีความสำคัญ และในการคำนวณด้านชลประทานควรทราบความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด และความต้องการน้ำสำหรับชลประทาน เพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่ต้องการใช้และต้องการสูบต่อหน่วยเวลา โดยสูบน้ำจากแหล่งน้ำ อาทิ แหล่งเก็บน้ำทางธรรมชาติ ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดิน แม่น้ำ น้ำตก คูคลอง หนองบึง เป็นต้น และแหล่งเก็บน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล หลังจากนั้นจึงจะนำปริมาณน้ำที่ต้องการสูบไปคำนวณออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตรต่อไป

ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบเกษตร สามารถสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในช่วงเวลาที่แสงแดดมีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดหรือช่วงเวลาที่แสงแดดดีมากและไม่มีเมฆ โดยมีจำนวนชั่วโมงเท่ากับ 4.5 ชั่วโมงในแต่ละวัน (ช่วงเวลา 10.00-14.30 น.) สำหรับเวลาตั้งแต่เช้า 07.00-10.00 น. และช่วงเวลา 14.30-17.00 น. ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสูบน้ำได้แต่ปริมาณน้ำที่ได้จะไม่เท่ากับช่วงที่มีแดดสูงสุดหรือที่เรียกว่า Peak Sun Hours (PSH) ทั้งนี้ในกรณีที่ต้องการใช้น้ำในช่วงไม่มีแสงแดดอาจจะพิจารณาเพิ่มแหล่งกักเก็บน้ำ เช่น ถังเก็บน้ำ โอ่ง หรือบ่อขนาดเล็ก เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่เราต้องมีการประเมินและบริหารจัดการน้ำให้เหมาะสม และมีการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีแนวทางการประเมินความต้องการใช้น้ำดังนี้

- สำรวจพื้นที่การเกษตรภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำว่ามีการปลูกพืชชนิดอะไรบ้าง ขนาดพื้นที่เท่าไหร่ รูปแบบการใช้น้ำ เช่น ต้องการน้ำเฉพาะเช้าและเย็น ต้องการน้ำตลอดทั้งวัน เป็นต้น
- ประเมินปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ว่าต้องการน้ำปริมาณเท่าไหร่ โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 2–1 และขนาดของพื้นที่ ซึ่งจะสามารถประเมินความต้องการน้ำในแต่ละวันได้ เช่น ปลูกข้าวฟ่างพื้นที่ 10 ไร่ จากตารางการใช้น้ำของข้าวฟ่างมีค่าเท่ากับ 5.95 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/วัน สรุปได้ว่าการปลูกข้าวฟ่างต้องการใช้น้ำ 59.5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/วัน เป็นต้น จากนั้นจึงทำการประเมินความต้องการใช้น้ำในกรณีที่มีพืชชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อสรุปปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมด
- ในกรณีที่ปริมาณความต้องการน้ำนอกช่วงเวลาการทำงานของระบบหรือมีปริมาณมากกว่าที่สามารถสูบได้ อาจจะพิจารณาสร้างแหล่งกักเก็บน้ำเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่เกษตร เช่น ถังเก็บน้ำ โอ่ง สระน้ำ

ตารางที่ 2–1 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด

ลำดับ	ชื่อพืช	อายุพืช (วัน)	การใช้น้ำของพืชตลอดอายุ (ลบ.ม./ไร่)	การใช้น้ำของพืชเฉลี่ยต่อวัน (ลบ.ม./ไร่/วัน)
1	ข้าว กข.	100	1,172	11.72
2	ข้าวขาวดอกมะลิ 105	100	1,053	10.53
3	ข้าวบาสมาติ	100	1,165	11.65
4	ข้าวสาลี	100	528	5.28
5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	100	594	5.94
6	ข้าวโพดหวาน	75	464	6.19
7	ข้าวฟ่าง	110	655	5.95
8	ถั่วเหลือง	70	365	5.21
9	ถั่วลิสง	105	629	5.99
10	ถั่วเขียว	70	365	5.21
11	งา	90	499	5.54
12	ยาสูบ	90	675	7.50
13	ทานตะวัน	110	664	6.04
14	แตงโม	85	708	8.33
15	ฝ้าย	160	797	4.98
16	อ้อย	300	1,656	5.52
17	ละหุ่ง	230	1,261	5.48
18	เผือก	170	1,995	11.74
19	หน่อไม้ฝรั่ง	365	2,586	7.08
20	มะเขือเทศ	110	838	7.62
21	หอมหัวใหญ่	100	669	6.69
22	หอมแดง	85	515	6.06
23	กระเทียม	110	456	4.15
24	มันฝรั่ง	95	623	6.56
25	พริกขี้หนู	150	819	5.46
26	มะระ	75	552	7.36
27	กะหล่ำดอก	45	334	7.42
28	คะน้า	55	280	5.09
29	ถั่วฝักยาว	80	486	6.08
30	ถั่วลันเตา	85	512	6.02
31	ถั่วพู	135	671	4.97
32	ผักกาดขาว	45	229	5.09
33	ผักกาดขาวปลี	60	332	5.53
34	ผักกาดหัว	45	315	7.00
35	ข้าวโพดฝักอ่อน	65	486	7.48
36	มันเทศ	125	788	6.30

2.2 การออกแบบและคำนวณระบบท่อและวาล์ว

การหาขนาดท่อนั้นต้องทราบความต้องการน้ำหรืออัตราการไหลในท่อช่วงนั้น ๆ และกำหนดความเร็วน้ำในท่อ สำหรับความเร็วน้ำในท่อตามมาตรฐานการออกแบบในทางปฏิบัติควรมีค่าระหว่าง 1.2-2.4 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีข้อดีข้อเสียของการกำหนด ดังนี้

- กำหนดความเร็วน้ำในท่อที่ความเร็วต่ำ ข้อดี คือ Friction Loss ในท่อจะน้อย แรงดันจึงสูญเสียในระบบท่อน้อย การเกิด Water Hammer ในระบบท่อก็จะน้อยและไม่รุนแรง ดีต่อระบบท่อและข้อต่อ แต่ข้อเสีย คือ ท่อมีขนาดใหญ่
- กำหนดความเร็วน้ำในท่อที่ความเร็วสูง ข้อดี คือ ระบบท่อมีขนาดเล็ก ช่วยให้ประหยัดค่าท่อ แต่ข้อเสียคือ Friction Loss ในท่อจะสูง แรงดันจึงสูญเสียในระบบท่อมาก มีโอกาสเกิด Water Hammer ในระบบท่อก็จะมากกว่าและรุนแรง ในระบบที่เกิด Water Hammer รุนแรง จะทำให้ระบบท่อและข้อต่อเสียหาย แตกหรือหลุดได้ หัวกะโหลกแตกได้ วาล์วแตกได้ เช่นกัน (วิธีแก้หากเกิด Water Hammer คือต้องติดตั้ง Surge Tank หรือ Surge Valve ช่วยในระบบท่อ ซึ่งอุปกรณ์พวกนี้มีราคาแพงมาก

โดยปกติควรใช้ความเร็วน้ำในท่อประมาณ 1.5 เมตรต่อวินาที แต่ไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที ยกเว้นระบบท่อขนาดใหญ่และจำเป็นต้องส่งเป็นระยะทางไกลให้ใช้ 1 เมตรต่อวินาที ในท่อเมนและไม่เกิน 1.5 เมตรต่อวินาที ในท่อแยกต่าง ๆ ซึ่งเมื่อกำหนดความเร็วน้ำในท่อเรียบร้อยแล้ว จะสามารถนำไปหาขนาดท่อที่เหมาะสมได้ นอกจากนั้นต้องทำการเลือกชนิดของท่อที่เหมาะสมกับการใช้งาน จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดของท่อต่อไป ทั้งนี้วิธีการหาสามารถหาขนาดท่อสามารถใช้ได้ 3 วิธีหลัก คือ

1) วิธีที่ 1 การคำนวณขนาดท่อจากสมการ

การคำนวณหาขนาดท่อน้ำจากสมการ จะใช้สมการเบื้องต้นทางกลศาสตร์ของไหล คือ

$Q = AV$	*สมการที่ (1)*

โดย Q คือ อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ ($\prod r^2$) (ตารางเมตร) ; r คือ รัศมีของท่อ

V คือ ความเร็วของน้ำภายในท่อ (เมตร/วินาที)

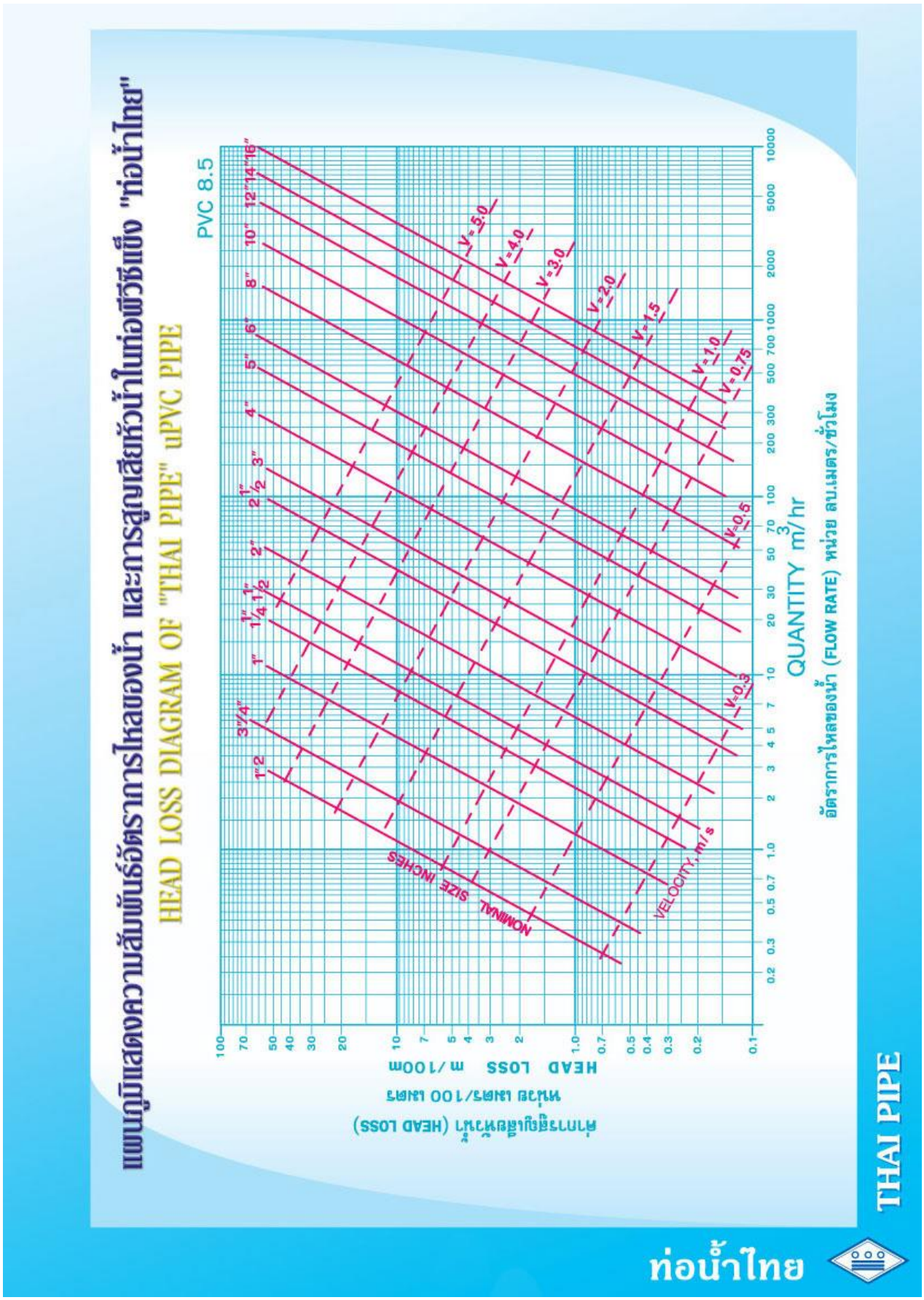
เมื่อแทนค่าอัตราการไหลและความเร็วน้ำลงไปก็จะทราบพื้นที่หน้าตัด และนำไปหาเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อได้

2) วิธีที่ 2 การหาขนาดท่อจากการเปิดแผนภูมิ

วิธีนี้ทำได้ง่ายกว่าวิธีแรกถึงแม้ความละเอียดอาจจะน้อยกว่าบ้างแต่ก็ใช้งานสามารถใช้งานได้ จากแผนภูมิสิ่งที่เราจะต้องทราบก่อนจะนำไปหาขนาดท่อ คือ อัตราการไหล ทั้งนี้ในกรณีที่ใช้ท่อพีวีซีมักใช้แผนภูมิในรูปที่ 2–2 และกรณีที่ใช้ท่อเหล็กมักใช้แผนภูมิในรูปที่ 2–3 โดยจะต้องพิจารณาควบคู่กันระหว่างอัตราการไหลของน้ำและเส้นกราฟความเร็วของน้ำในท่อที่ต้องการ เพื่อประเมินหาขนาดของท่อในระบบที่เหมาะสม

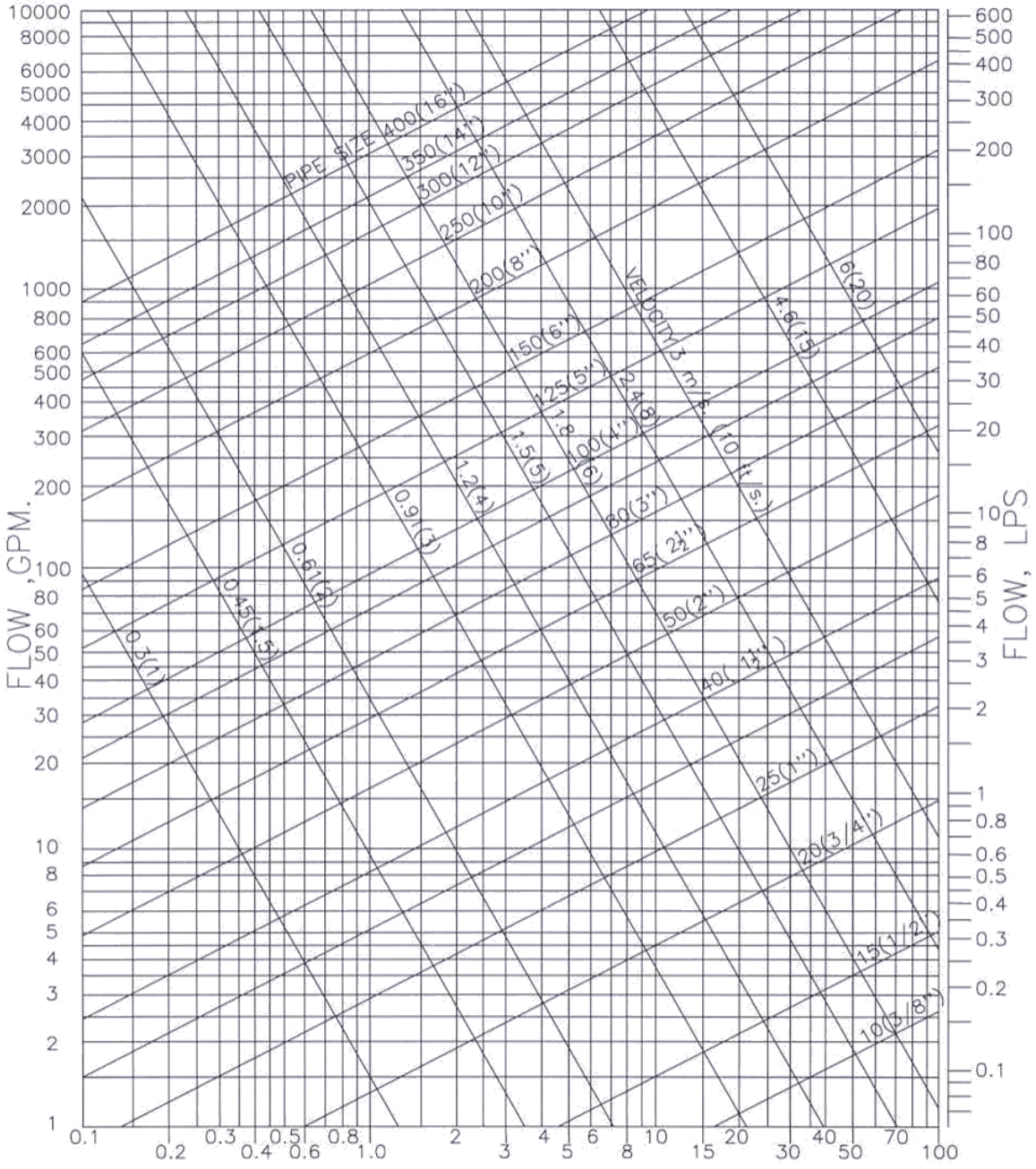
3) วิธีที่ 3 การเลือกขนาดท่อจากการเปิดจากตารางที่ผู้ผลิตแสดง

วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ทราบวิธีดูแผนภูมิ การดูตารางอาจจะช่วยทำให้เข้าใจได้มากกว่า ถึงแม้จะไม่ละเอียดมากนักเพราะเป็นช่วงกว้าง ๆ แต่ก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน



ที่มา : https://thaipipe.co.th/demos/product/content-01/01/pic-b/04.pdf

รูปที่ 2–2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์อัตราไหลของน้ำ ขนาดของท่อ และการสูญเสียหัวน้ำในท่อพีวีซีแข็ง



รูปที่ 1.1 Friction Loss, Ft./100 Ft. or m/100 m.

(Fairly Rough Steel Pipe)

ที่มา : คู่มือการเลือกชนิดและขนาดท่อ กลุ่มงานวิชาการและออกแบบ ส่วนวิศวกรรม สำนักเครื่องกล กรมชลประทาน

รูปที่ 2–3 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์อัตราไหลของน้ำ ขนาดของท่อ และการสูญเสียหัวน้ำในท่อเหล็ก

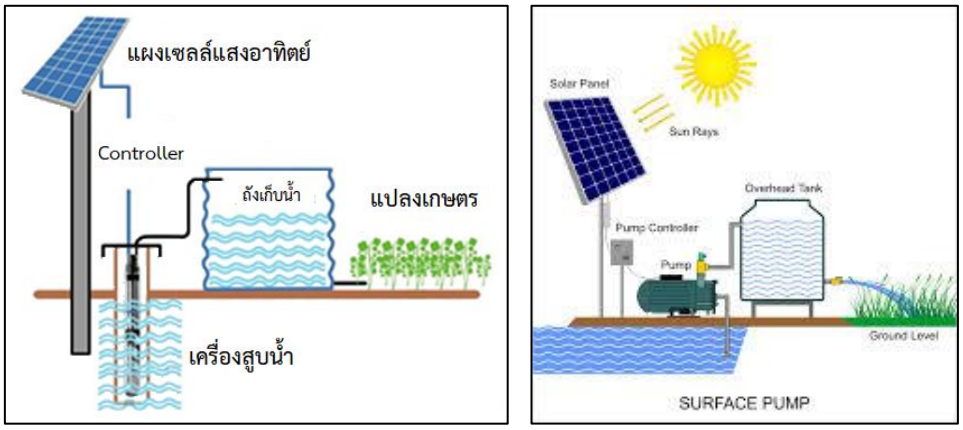
เมื่อเลือกขนาดของท่อที่เหมาะสมได้แล้ว ลำดับต่อไป คือ การออกแบบระบบท่อ ต้องมีการประเมินความยาวของท่อ ทิศทางการวางท่อตั้งแต่จุดสูบน้ำจนถึงจุดจ่ายน้ำ เพื่อประเมินอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ข้อต่อ วาล์ว เป็นต้น เพื่อทราบตำแหน่งและจำนวนของข้อต่อและวาล์วที่ต้องการติดตั้งภายในระบบ ทั้งนี้ควรมีการเขียนแบบร่างระบบท่อของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับแจกแจงรายละเอียดและตรวจสอบความครบถ้วนของอุปกรณ์ และสำหรับใช้ในการประเมินระยะสูบของระบบหรือเฮดเพื่อเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับระบบต่อไป รวมถึงแผนผังภาพรวมของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งระบบตั้งแต่ที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จุดติดตั้งเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ จุดสูบน้ำ (แหล่งน้ำ) และจุดจ่ายน้ำ

2.3 การคำนวณระยะสูบของระบบหรือเฮด

เมื่อทราบถึงรายละเอียดของท่อและวาล์วเบื้องต้นสำหรับการจ่ายน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการแล้วนั้น เมื่อผู้ออกแบบได้กำหนดระยะทางจากต้นทางถึงปลายทาง จำนวนท่อ ข้อต่อ และวาล์ว ของทั้งระบบเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำรายละเอียดดังกล่าวมาคำนวณหาระยะสูบของระบบ หรือ เฮด (Head) รวมของระบบ ซึ่งจะข้อมูลประกอบในการเลือกชนิดเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับระบบ

ในระบบเครื่องสูบน้ำเฮดรวมของน้ำหรือ Total Dynamic Head (TDH) คือ พลังงานทั้งหมดของน้ำที่บอกในรูปของเฮดน้ำ ณ จุดนั้น ๆ ประกอบด้วย ผลรวมของเฮดความดัน เฮดความเร็ว เฮดสถิตย์ และเฮดความฝืด ดังแสดงในสมการที่ (2) ซึ่งผู้ออกแบบต้องทราบข้อมูลเฮดรวมเพื่อนำไปเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสม

$$\text{Total Dynamic Head (TDH)} = H_P + H_V + H_S + H_f \qquad \textit{สมการที่ (2)}$$



รูปที่ 2–4 ประเภทของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งตามทิศทางของแนวสูบน้ำ

2.3.1 เฮดความดัน (Pressure Head : H_P)

ค่าความดันนอกจากจะบอกเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร หรือปอนด์ต่อตารางนิ้วแล้วนั้น กรณีเป็นความดันของของเหลวก็มักจะนิยมบอกเป็นแท่งความสูงของของเหลว ซึ่งเรียกว่าเฮดความดัน ในกรณีที่ความแตกต่างของความดันของของเหลวที่จุด 1 และที่จุด 2 มีค่าใกล้เคียงกัน จะไม่คิดเฮดความดัน สามารถหาค่าเฮดความดันได้จากสมการที่ (3)

$$H_P = \frac{P}{\rho g}$$ *สมการที่ (3)*

โดย ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

2.3.2 เฮดความเร็ว (Velocity Head : H_V)

ของเหลวที่ไหลในท่อหรือทางน้ำเปิดด้วยความเร็วใด ๆ นั้นมีพลังงานจลน์อยู่ พลังงานส่วนนี้เมื่อบอกในรูปของเฮดความเร็ว คือ

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$ *สมการที่ (4)*

โดย V คือ ความเร็วของการไหล หน่วย เมตรต่อวินาที

เฮดความเร็วอาจให้คำจำกัดความอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นความสูงที่ของเหลวตกลงมาด้วยแรงดึงดูดของโลก จนได้ความเร็วเท่ากับความเร็วในการไหลของของเหลวนั้น มีหน่วยเป็น เมตร

2.3.3 เฮดสถิตย์ (Static Head : H_S)

เฮดสถิตย์ คือ ระยะทางตามแนวดิ่งของของเหลวที่ไหลผ่านท่อหรือทางน้ำเปิดซึ่งมีพลังงานศักย์อยู่ภายใน โดยค่าดังกล่าวเป็นเฮดต่ำสุดที่เครื่องสูบน้ำจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวก่อนที่จะมีการไหลเกิดขึ้น หรือคือความสูงในแนวดิ่ง มีหน่วยเป็น เมตร

2.3.4 เฮดความฝืด (Friction Head : H_f)

ในขณะที่ของเหลวไหลผ่านระบบท่อทั้งทางด้านดูดและด้านจ่าย พลังงานหรือเฮดในการไหลส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังภายในของท่อ และพลังงานหรือเฮดในการไหลอีกส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเนื่องจากการสูญเสียพลังงานจลน์เมื่อไหลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ข้อต่อและวาล์ว ผลรวมของการสูญเสียพลังงานหรือเฮดความฝืดทั้งสองส่วนนี้รวมเรียกว่า เฮดการสูญเสียรวม ทั้งนี้การคำนวณหาเฮดความฝืดสามารถหาได้ดังนี้

เฮดความฝืด = การสูญเสียหลัก (ในท่อตรง) + การสูญเสียรอง (ในข้อต่อและวาล์ว) *สมการที่ (5)*

2.3.4.1 การสูญเสียในท่อตรง (Major Loss)

เมื่อของเหลวไหลภายในท่อจะเกิดแรงเสียดทานระหว่างผนังท่อกับของเหลว ซึ่งแรงเสียดทานที่เกิดนี้จะทำให้เกิดความดันสูญเสียของของเหลวภายในท่อ การสูญเสียพลังงานในลักษณะนี้เรียกว่าการเสียเฮดความฝืดหรือการสูญเสียหลัก (Major Loss) การคำนวณหาค่าสูญเสียที่เกิดจากท่อตรงจะขึ้นอยู่กับความเครียดเฉือนของผนังระหว่างของเหลวและความหยาบ (Roughness) ของพื้นผิวท่อที่เทียบกับขนาดความใหญ่ของท่อ ความเร็วการไหล และความยาวของท่อนั้น ๆ ทั้งนี้วิธีการคำนวณหา

การสูญเสียในท่อตรงสามารถหาได้จากสมการสูญเสียในท่อ (Major Loss Equations) ออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

(1) สมการของ Hazen-Williams Equation

เนื่องจากการใช้สมการของ Hazen-Williams ใช้งานได้ง่ายกว่า จึงเหมาะสำหรับใช้ในการออกแบบระบบท่อของระบบสูบน้ำเบื้องต้น โดยมีสมการสำหรับการคำนวณหาการสูญเสียในท่อตามสมการที่ (5) และสมการที่ (6)

ขั้นตอนแรก – หาค่า Friction Head Loss ของท่อ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 2–2 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$h_{100ft} = 0.2083 \left(\frac{100}{C}\right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.8655}}$$ *สมการที่ (6)*

โดย h_{100ft} คือ Friction Head Loss ของท่อ หน่วย ฟุตน้ำต่อ 100 ฟุตของท่อ

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Hazen-Williams

Q คือ อัตราการไหล หน่วย แกลลอนต่อนาที

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ หน่วย นิ้ว

ตารางที่ 2–2 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อแต่ละชนิดสำหรับ Hazen-Williams Equation

ชนิดของท่อ	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ
ท่อเหล็ก	100
ท่อเหล็กกัลวาไนซ์	120
ท่อทองแดง ตะกั่ว อลูมิเนียม	130
ท่อ PVC ท่อพลาสติก	150
ท่อ PE	140

ที่มา : https://www.engineeringtoolbox.com/hazen-williams-coefficients-d_798.html

ขั้นตอนที่ 2 – หาค่าการสูญเสียในท่อตรง (Major Loss) โดยนำค่าที่ได้จากสมการที่ (5) คูณกับระยะท่อในระบบตามสมการที่ (7)

$$H_{f,major} = h_{100ft} \, x \, L$$ *สมการที่ (7)*

โดย $H_{f,major}$ คือ การสูญเสียในท่อตรง (Major Loss) หน่วย ฟุตน้ำ

L คือ ความยาวของท่อ หน่วย ฟุต

(2) สมการของ Darcy-Weisbach Equation

การสูญเสียที่เกิดแรงเสียดทานจากการเคลื่อนไหวของของเหลวในท่อกลม สามารถคำนวณได้จากวิธีคำนวณของ Darcy-Weisbach ตามสมการที่ (8)

$$H_{f,major} = f_d \frac{LV^2}{D2g}$$ *สมการที่ (8)*

โดย $H_{f,major}$ คือ การสูญเสียหลัก หน่วย เมตร

f_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของ Darcy-Weisbach

L คือ ความยาวท่อ หน่วย เมตร

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หน่วย เมตร

V คือ ความเร็วของการไหล หน่วย เมตรต่อวินาที

สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของ Darcy-Weisbach หรือ f_d ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของท่อ ลักษณะการไหลหรือเรโนลย์นัมเบอร์ (Reynolds number : Re) ว่าเป็นแบบราบเรียบหรือแบบปั่นป่วน ทั้งนี้ในกรณีที่เป็นท่อวงกลม และลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ Re น้อยกว่า 2,300 จะสามารถคำนวณได้ว่า

$$f_d = \frac{64}{Re}$$ *สมการที่ (9)*

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu}$$ *สมการที่ (10)*

โดย V คือ ความเร็วของการไหล หน่วย เมตรต่อวินาที

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หน่วย เมตร

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของเหลว หน่วย กิโลกรัมต่อตารางเมตร

μ คือ ค่าความหนืด หน่วย ปาลคาลวินาที (Pa.s)

ส่วนกรณีที่ลักษณะการไหลแบบปั่นป่วนที่มี Re มีค่ามากกว่า 4,000 นั้น ต้องพิจารณาอัตราส่วนระหว่างอัตราส่วนระหว่างความขรุขระของผนังท่อ (ε) และขนาดความกว้างของท่อ (D) เพิ่มเติม ตามสมการที่ (11) ที่ (11) จากนั้นนำค่าทั้งสองพล็อตอ่านตามแผนภูมิของ Moody ใน

รูปที่ 2–5 จึงจะได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของท่อ f_d ดังกล่าว

$$\text{Relative Pipe Roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$ *สมการที่ (11)*

โดย ε คือ ความขรุขระของผนังท่อ หน่วย เมตร

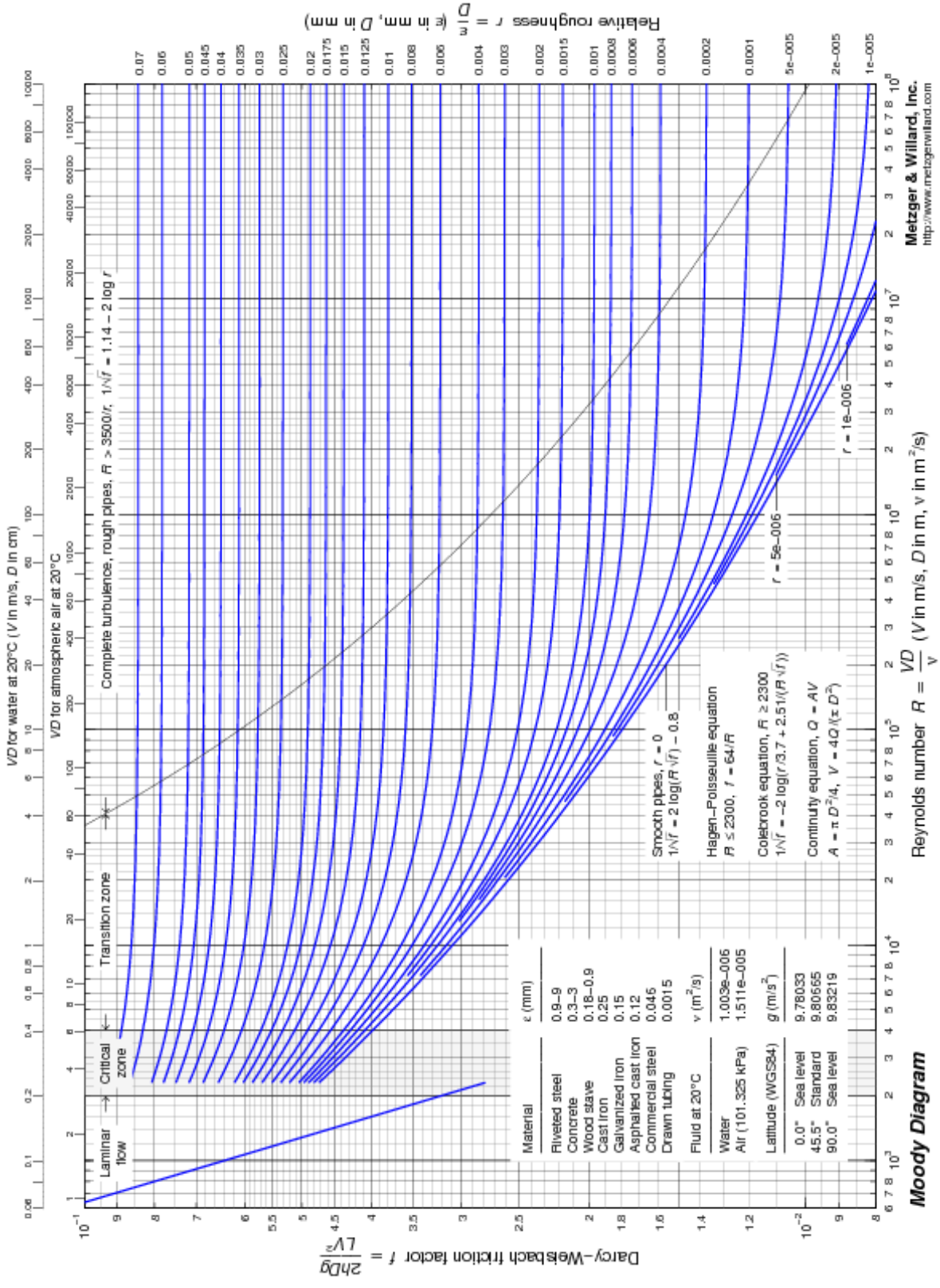
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ หน่วย เมตร

ทั้งนี้ค่าความขรุขระของผนังท่อ (ε) ของท่อแต่ละชนิด สามารถดูได้จากตารางที่ 2–3

ตารางที่ 2–3 ความขรุขระของผนังท่อ (ε) ของท่อแต่ละชนิด

Surface	Absolute Roughness Coefficient (ε)	
	(10^{-3}เมตร)	***(ฟุต)***
Drawn Copper, Lead, Brass, Aluminum (new) and the like	0.001 - 0.002	(3.28 - 6.56) 10^{-6}
PVC, PE and other smooth Plastic Pipes	0.0015 - 0.007	(0.49 - 2.30) 10^{-5}
Stainless steel, bead blasted	0.001 - 0.006	(0.00328 - 0.0197) 10^{-3}
Stainless steel, turned	0.0004 - 0.006	(0.00131 - 0.0197) 10^{-3}
Stainless steel, electron-polished	0.0001 - 0.0008	(0.000328 - 0.00262) 10^{-3}
Commercial steel or wrought iron	0.045 - 0.09	(1.48 - 2.95) 10^{-4}
Stretched steel	0.015	4.95 10^{-5}
Weld steel	0.045	1.48 10^{-4}
Galvanized steel	0.15	4.92 10^{-4}
Rusted steel (corrosion)	0.15 - 4	(4.92 - 131) 10^{-4}
New cast iron	0.25 - 0.8	(8.2 - 26.2) 10^{-4}
Worn cast iron	0.8 - 1.5	(2.62 - 4.92) 10^{-3}
Rusty cast iron	1.5 - 2.5	(4.92 - 8.2) 10^{-3}
Sheet or asphalted cast iron	0.01 - 0.015	(3.28 - 4.92) 10^{-5}

ที่มา : Engineering ToolBox, (2003). Roughness & Surface Coefficients. [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html [October, 2020].



รูปที่ 2–5 Moody Diagram

2.3.4.2 การสูญเสียในข้อต่อและวาล์ว (Minor Loss)

ในการลำเลียงน้ำ การสูญเสียที่เกิดจากท่อจะมีความสำคัญมากกว่าการสูญเสียเนื่องจากสาเหตุอื่น ๆ จึงมักไม่ค่อยมีการคำนึงถึงการสูญเสียในข้อต่อและวาล์วเหล่านี้มากนัก และสามารถตัดทิ้งได้ในการคำนวณ แต่หากเป็นระบบการไหลของน้ำที่มีระบบท่อสั้น ๆ และมีอุปกรณ์ข้อต่อท่อ (Fittings) ต่าง ๆ มาก กรณีนี้จะมีความสำคัญต้องนำค่าเหล่านี้มาคำนวณเพื่อหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบด้วย ทั้งนี้สามารถคำนวณหาค่าความสูญเสียในข้อต่อและวาล์วได้ 2 แบบ ดังนี้

(1) การคำนวณจากสมการ

$$H_{f,minor} = K\frac{V^2}{2g} \qquad \textit{สมการที่ (12)}$$

โดย K คือ สัมประสิทธิ์ความสูญเสียความดันของข้อต่อและวาล์ว

V คือ ความเร็วของการไหล หน่วย เมตรต่อวินาที

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก หน่วย เมตรต่อวินาที^{2}

สามารถดูค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียความดันของข้อต่อและวาล์วแต่ละชนิดได้ตามตารางที่ 2–4 ทั้งนี้ค่าความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นจะต้องคิดค่าความสูญเสียแยกที่ละอุปกรณ์และนำมารวมกัน

ตารางที่ 2–4 ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียความดันของอุปกรณ์ข้อต่อและวาล์ว

ชนิดของข้อต่อและวาล์ว	Loss Coefficient (K)
1. Globe Valve	
• Fully Open	10
• ½ Open	12.5
2. Gate Valve	
• Fully Open	0.19
• ¾ Open	0.90
• ½ Open	4.5
• ¼ Open	24.0
3. Swing Check	
• Through Flow	2.0
• Block Flow	∞
4. TEE	
• Line Flow	0.40
• Branch Flow	1.5
5. Elbow	
• 45	0.40
• 90	0.75

ชนิดของข้อต่อและวาล์ว	Loss Coefficient (K)
6. Return Bend	2.2

(2) การคำนวณจากความยาวสมมูลของข้อต่อและวาล์ว

เมื่อทราบชนิดและจำนวนของข้อต่อและวาล์วภายในระบบ สามารถคำนวณหาค่าความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นได้ โดยเป็นผลรวมความยาวสมมูลของแต่ละอุปกรณ์

ตารางที่ 2–5 ความยาวสมมูลของข้อต่อและวาล์วสำหรับท่อแต่ละขนาด (Equivalent Length of Pipe for Friction loss in threaded fittings & valves)

ชนิดข้อต่อ และวาล์ว	ความยาวสมมูลของแต่ละท่อ (ฟุต)										
	1/2 นิ้ว	3/4 นิ้ว	1 นิ้ว	1-1/4 นิ้ว	1-1/2 นิ้ว	2 นิ้ว	2-1/2 นิ้ว	3 นิ้ว	4 นิ้ว	5 นิ้ว	6 นิ้ว
ข้องอ 45	0.8	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	3.3	4.1	5.4	6.7	8.1
ข้องอ 90 ทั่วไป	1.6	2.1	2.6	3.5	4.0	5.2	6.2	7.7	10.1	12.6	15.2
สามทางไหลแยก (Tee, branch)	3.1	4.1	5.3	6.9	8.1	10.3	12.3	15.3	20.1	25.2	30.3
สามทางไหลตรง (Thru Flow)	1.0	1.4	1.8	2.3	2.7	3.5	4.1	5.1	6.7	8.4	10.1
Gate Valve	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.7	3.4	4.0
Globe Valve	17.6	23.3	29.7	39.1	45.6	58.6	70.0	86.9	114.0	143.0	172.0
Angle Valve	7.8	10.3	13.1	17.3	20.1	25.8	30.9	38.4	50.3	63.1	75.8
Butterfly Valve	-	-	-	-	-	7.8	9.3	11.5	15.1	18.9	22.7
Swing Check Valve	5.2	6.9	8.7	11.5	13.4	17.2	20.6	25.5	33.6	42.1	50.5

ที่มา : หนังสือ 2015 National Standard Plumbing Code - Illustrated by The Plumbing-Heating-Cooling Contractors (PHCC)

2.4 การเลือกชนิดและขนาดเครื่องสูบน้ำ

ในการขับเคลื่อนของไหล (Requirement Hydraulic Energy) ซึ่งประกอบด้วย ความต้องการน้ำที่จะสูบและความสูงของระยะสูบหรือเฮด แทนค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากข้อ 2.1-2.3 ในสมการที่ (13) ดังนี้

$$P(W) = \frac{TDH \; x \; Q}{102 \; x \; \eta} \qquad \textit{สมการที่ (13)}$$

โดย P คือ ขนาดเครื่องสูบน้ำที่ต้องการ หน่วย วัตต์

TDH คือ เฮดรวมของระบบ หน่วย เมตรน้ำ

Q คือ อัตราการไหล ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

η คือ ประสิทธิภาพระบบ 0.7 (ซึ่งพิจารณาจากค่าการสูญเสีย มอเตอร์ เครื่องสูบน้ำ และอื่น ๆ)

หรือ $$P\ (hp) = \frac{TDH\ x\ Q}{3{,}960\ x\ \eta}$$ *สมการที่ (14)*

โดย P คือ ขนาดเครื่องสูบน้ำที่ต้องการ หน่วย แรงม้า

TDH คือ เฮดรวมของระบบ หน่วย ฟุตน้ำ

Q คือ อัตราการไหล แกลลอนต่อนาที

η คือ ประสิทธิภาพระบบ 0.7 (ซึ่งพิจารณาจากค่าการสูญเสีย มอเตอร์ เครื่องสูบน้ำ และอื่น ๆ)

จากนั้นจึงสามารถนำค่ากำลังวัตต์ อัตราการไหล และเฮดของระบบไปเลือกเครื่องสูบและชนิดต้นกำลังได้ตามทฤษฎีเครื่องสูบ ซึ่งแบ่งเป็น เครื่องสูบแนวนอน (ผิวดิน) และเครื่องสูบแนวดิ่ง (บาดาล) โดยเครื่องสูบแนวนอนที่นิยมใช้ ได้แก่ เครื่องสูบชนิดหอยโข่งและเครื่องสูบแบบชัก เป็นต้น สำหรับเครื่องสูบแนวดิ่งนิยมใช้เป็นชนิด Submersible และในการเลือกใช้ปั๊มให้เหมาะกับสภาพการใช้งานจริง นอกจากพิจารณาถึงเฮดของระบบแล้ว ยังต้องพิจารณากราฟเฮด (หรือกราฟ H-Q) ของปั๊มด้วย กราฟเฮดของปั้มเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบของปั้มหรืออัตราการไหลกับเฮด ตั้งแต่อัตราการไหลศูนย์ถึงอัตราการไหลสูงสุดของปั๊ม กราฟเฮดของปั๊มสามารถหาดูได้จากบริษัทผู้ผลิตปั๊ม

ตารางที่ 2–6 คุณสมบัติของเครื่องสูบน้ำแต่ละชนิด

ชนิดเครื่องสูบน้ำ	คุณสมบัติ
เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำ (บาดาล)	- ดูดได้ลึกมาก - ส่งน้ำได้สูงมาก (ตามสเปค) - สามารถใช้ร่วมกับบ่อบาดาลเดิมได้
เครื่องสูบน้ำชนิดชัก	- เหมาะกับงานการเกษตร - สูบน้ำในแม่น้ำ ลำธาร คูคลอง อ่างเก็บน้ำ - ดูดได้ลึกประมาณ 10 เมตรในแนวดิ่ง - ส่งน้ำได้สูง
เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มหรือแช่ (ไดโว่)	- เหมาะกับงานสูบน้ำออก ดูดตื้น - ส่งน้ำได้มาก - สามารถใช้ในสวนหรือไร่นา - สะดวกกับการเก็บในพื้นที่จำกัด เคลื่อนย้ายง่าย - แรงดันน้ำน้อยทำให้ส่งได้ไม่สูง

ตารางที่ 2–7 ตัวอย่างเปรียบเทียบเครื่องสูบน้ำไฟฟ้ากระแสตรงประเภทต่าง ๆ

ชนิดเครื่องสูบน้ำ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	ขนาดท่อส่ง (นิ้ว)	ระดับส่งน้ำสูงสุด (เมตร)
จุ่มใต้น้ำ	300	24	12.5	50	1.25	35
	300	24-50	n/a	30-50	1.25	35
	300	24	12.5	50	1.5	35

ชนิดเครื่องสูบน้ำ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	อัตราการไหล (ลิตรต่อนาที)	ขนาดท่อส่ง (นิ้ว)	ระดับส่งน้ำสูงสุด (เมตร)
จุ่มใต้น้ำ	400	45-110	n/a	50	1	40
	600	30-90	n/a	50	1.25	80
	600	30-96	n/a	100	1.25	42
	600	48	12.5	100	1.5	42
แบบชัก	300	24	12.5	50	1	20-30 ส่งแนวราบ 200-300 เมตร
	350	12-24	10-25	80-150	1	10-15 ส่งแนวราบ 100-200 เมตร
	500	24-40	n/a	80-150	1	10 ส่งแนวราบ > 600 เมตร
	650	24	27	60-100	2	10 ส่งแนวราบ > 300 เมตร
แบบจุ่มหรือแช่	144	12	16	220	1.5	7-8
	280	30	19.3	83	1	15
	500	36	15.3	200	1	6
	750	48	15	300	1, 1.5, 2	12-20 ส่งแนวราบ 100-200 เมตร
	800	48-60	15	250-333	1, 1.5, 2	15-30 ส่งแนวราบ 100-200 เมตร
	800	72	11	83-167	1, 1.5, 2	12-20 ส่งแนวราบ 100-200 เมตร

ที่มา : ค้นหาจากเว็บไซต์ผู้จำหน่ายในประเทศไทย

ในกรณีที่เลือกเครื่องสูบน้ำที่มีเครื่องต้นกำลัง ในระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความสูญเสียทางกลและความสูญเสียอื่นๆ ดังนั้นควรเลือกต้นกำลังที่พิกัดกำลังขนาดใหญ่กว่าภาระโหลด (หรือเครื่องสูบน้ำ) ประมาณ 1.2-1.5 เท่า เพื่อให้มอเตอร์มีกำลังพอที่จะฉุดโหลดได้ทั้งในขณะทำงานปกติและขณะเริ่มเดินเครื่อง

2.5 ออกแบบและคำนวณระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อทราบขนาดกำลังของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการแล้วนั้น ควรพิจารณาความเหมาะสมว่าการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักนั้นเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำหรือไม่ หากความต้องการใช้น้ำมากเกินความสามารถอาจจะพิจารณาแหล่งจ่ายพลังงานประเภทอื่น ๆ ทดแทน ทั้งนี้สามารถประเมินได้จากการหาค่าภาระงานไฮดรอลิค (Hydraulic Workload) ตามสมการที่ (15)

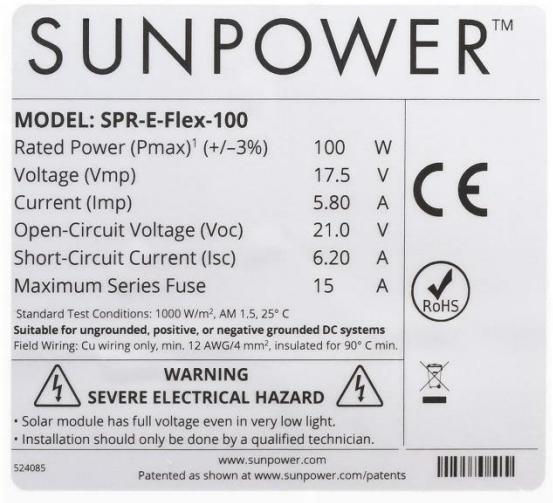
ภาระงานไฮดรอลิค (Hydraulic Workload) =	ความต้องการใช้น้ำต่อวัน (ลูกบาศก์เมตร) x เฮดสูญเสียรวม (เมตร)	*สมการที่ (15)*

โดยกรณีที่ภาระงานไฮดรอลิคมีค่าน้อยกว่า 1,500 m^4 สามารถใช้แผงเซลล์เป็นแหล่งพลังงานได้ กรณีที่มีค่าระหว่าง 1,500-2,000 m^4 ยังคงสามมารถใช้แผงเซลล์ได้แต่อาจจะมีแหล่งพลังงานอื่นที่เหมาะสมกว่า และกรณีที่มีค่ามากกว่า 2,000 m^4 ควรพิจารณาแหล่งพลังงานอื่นแทน

เมื่อพิจารณาความเหมาะสมสำหรับการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปคือเลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการ โดยต้องพิจารณาเบื้องต้นถึงขนาดกำลัง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำหรือขนาดของมอเตอร์ที่ต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ ซึ่งข้อมูลที่ควรทราบของแผงเซลล์สำหรับการคำนวณออกแบบระบบแผงเซลล์ ได้แก่

- ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power : P_{max})
- ค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Voltage : V_{mp})
- ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Current : I_{mp})
- ค่าแรงดันเปิดวงจร (Open circuit voltage : V_{oc})
- ค่ากระแสลัดวงจร (Short circuit current : I_{sc})

ทั้งนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายในท้องตลาดจะมีรายละเอียดคุณลักษณะของแผงที่แตกต่างกันไปสามารถหาได้จากป้าย (Nameplate) ที่ติดด้านหลังแผงเซลล์นั้น ๆ หรือข้อมูลที่ผู้ผลิตแจ้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2–6



ที่มา : https://www.sunpoweredyachts.com/

รูปที่ 2–6 ตัวอย่างคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ด้านหลังแผง

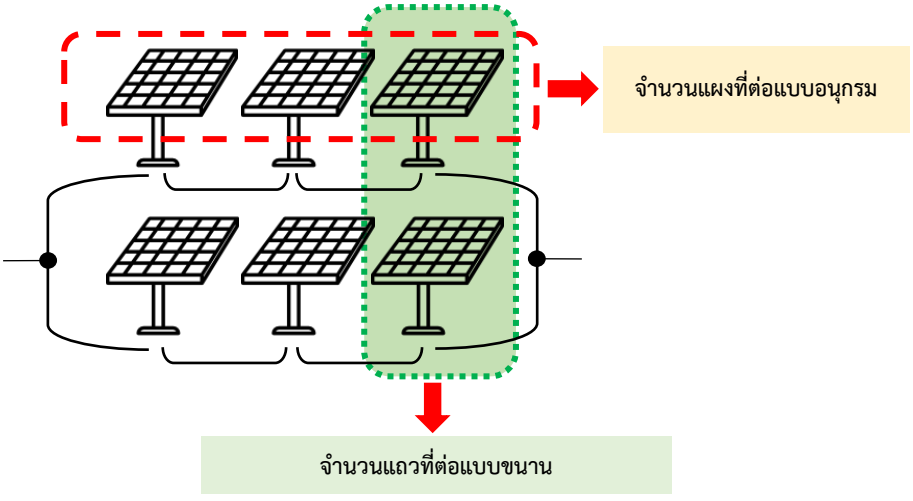
จากนั้นเมื่อทราบข้อมูลทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องสูบน้ำแล้ว จะสามารถคำนวณหาแผงเซลล์ที่ต้องใช้ในระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อวงจร จะมีรูปแบบการต่อวงจรได้ 2 แบบ คือ การต่ออนุกรม และการต่อแบบขนาน โดยการต่ออนุกรมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้เพิ่มขนาดแรงดัน ส่วนแบบการต่อขนานแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นการเพิ่มขนาดกระแสแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้วิธีการออกแบบว่าจะต้องต่ออนุกรมหรือขนาน จะพิจารณาร่วมกับขนาดพิกัดแรงดันและกระแสของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนการต่อแบบอนุกรม (แผง)} = \frac{\text{แรงดันไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ (V)}}{\text{แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ } V_{mp} \text{ (1 แผง)}} \qquad \textit{สมการที่ (16)}$$

$$\text{จำนวนการต่อแบบขนาด (แถว)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องสูบน้ำ (W)}}{\begin{array}{c}\text{จำนวนการต่อแบบอนุกรม x แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์ } V_{mp} \text{ (1 แผง)} \\ \text{x กระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์ } I_{mp} \text{ (1 แผง) x Derating factor}\end{array}} \qquad \textit{สมการที่ (17)}$$

หมายเหตุ ค่า Derating factor = 0.85 คือ ค่าเฉลี่ยตัวคูณลดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพแผง เช่น loss การต่อสายไฟ การบังเงา ความสะอาดของหน้าแผง อายุการใช้งาน

$$\text{สรุปจำนวนแผงเซลล์ในระบบ (แผง)} = \text{จำนวนการต่อแบบอนุกรม (แผง) x จำนวนการต่อแบบขนาด (แถว)} \qquad \textit{สมการที่ (18)}$$



รูปที่ 2–7 ไดอะแกรมรูปแบบการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมและแบบขนาน

ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรที่จะมีค่ามากกว่าสเปคของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำ เพื่อให้เครื่องสูบน้ำสามารถเดินเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ปริมาณน้ำตามความต้องการของผู้ใช้น้ำ ทั้งนี้สามารถสรุปภาพรวมของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ว่า

P_{pv} = จำนวนแผงทั้งหมดในระบบ x P_{max}

V_{pv} = จำนวนแผงที่ต่อแบบอนุกรม x V_{mp}

I_{pv} = จำนวนแผงที่ต่อแบบขนาน x I_{mp}

บทที่ 3
การบำรุงดูแลรักษาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

ภายหลังจากการติดตั้งและเดินเครื่องระบบแล้ว ควรหมั่นตรวจสอบระบบให้ทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ โดยการบำรุงดูแลรักษาองค์ประกอบหลักของระบบ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องสูบน้ำ ระบบท่อส่งน้ำ และหน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้าและหน่วยเก็บสะสมพลังงาน มีแนวทางการดูแลรักษาดังนี้

3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความต้องการการบำรุงรักษาที่ไม่ยุ่งยาก แต่อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่ต้องดูแลเป็นประจำ การดูแลบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีและแนวทางตามระยะเวลาที่เหมาะสมนั้น จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด ซึ่งสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย 4 ข้อ ได้แก่

(1) พื้นที่ของแผง – แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการผลิตไฟฟ้ามากกว่าแผงชนิดเดียวกันที่มีขนาดเล็กกว่า

(2) ความสว่างของแสงอาทิตย์ – เมื่อแสงอาทิตย์ตกลงบนแผงมากจะยิ่งผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น หากเกิดการเงาบังทำให้ความสว่างที่ตกลงบนแผงน้อยลงแม้เพียงบางส่วน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จะลดลงจากเดิม

(3) ทิศทางการวางแผง – ในประเทศไทยจะวางให้มีมุมเอียงประมาณ 15 องศา และหันหน้าแผงไปทางทิศใต้

(4) ความร้อน – แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีในสภาพเย็น หากอยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงมาก ๆ จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้น้อยลง

ทั้งนี้จากรายละเอียดดังกล่าวจะสามารถสรุปแนวทางดูแลรักษาที่ต้องคำนึงถึงการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ และปัจจัยภายนอกที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงาน ประกอบด้วย การทำความสะอาดแผงเซลล์ การตรวจสอบจุดต่อสายและสภาพของสายไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การตรวจสอบคุณภาพของแผงย่อย และการตรวจสอบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และพื้นที่บริเวณติดตั้ง ได้ดังนี้

1) การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ปกติทั่วไปในอากาศประกอบด้วย ฝุ่น ละออง และสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ซึ่งอาจจะตกคลุมบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึง เศษใบไม้ มูลนก เป็นต้น ชั้นของฝุ่นละอองและสิ่งปกคลุมที่ผิวหน้าแผงเซลล์จะลดปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรทำความสะอาดด้านหน้าแผงด้วยการเช็ดด้วยผ้าสะอาดหรือฟองน้ำชุบน้ำหมาด ๆ หรือล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วเช็ดด้วยผ้าสะอาด ทั้งนี้ต้องไม่ใช้น้ำยาหรือสารเคมีใด ๆ ทำความสะอาด และควรใช้น้ำที่ไม่มีประจุไฟฟ้าหรือน้ำเปล่า การเช็ดถูให้กระทำด้วยความนุ่มนวล ใช้วัสดุที่ไม่ทำให้เกิดรอย ไม่ขัดรุนแรงจนเกิดเป็นรอยขูดขีดบนหน้าแผงเซลล์ ในรูปที่ 3–1 แสดงการเช็ดทำความสะอาดแผงเซลล์

โดยทั่วไปควรทำความสะอาดแผงเซลล์เดือนละครั้ง แต่อย่างไรก็ตามการทำความสะอาดบ่อยครั้งเพียงใดขึ้นกับสภาวะแวดล้อมของแต่ละสถานที่ เช่น ช่วงฤดูกาลที่มีฝุ่นจำนวนมากอาจต้องทำความสะอาดทุก 2-3 วัน ช่วงฤดูการที่มีฝนตกทุกวันอาจทำความสะอาดทุก 1 เดือน เป็นต้น สำหรับช่วงการทำความสะอาดที่เหมาะสม คือ ช่วง

ที่ไม่มีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์ เช่น ช่วงเช้าหรือช่วงเย็น เนื่องจากเป็นช่วงที่แผงเซลล์มีการผลิตไฟฟ้าน้อยมากหรือไม่ผลิตเลย และมีอุณหภูมิหน้าแผงใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม

นอกจากนั้นควรตรวจสอบดูสภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ว่ายังมีสภาพที่สมบูรณ์หรือไม่ เช่น รอยร้าว รอยแตก รอยฝ้าบริเวณผิว มีรอยรั่วของน้ำภายในผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสีของแผงเปลี่ยนไปหรือไม่ เป็นต้น ทั้งนี้ควรให้มีการจดบันทึกและสังเกตการณ์สิ่งผิดปรกติต่าง ๆ ถ้าประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลง อาจจะมีการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีปัญหาดังกล่าว

รูปที่ 3–1 ตัวอย่างการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2) การตรวจสอบจุดต่อสายและสภาพของสายไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ควรมีการตรวจจุดต่อสายไฟต่าง ๆ ในระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจุดต่อจะต้องไม่หลวม หลุด มีรอยไหม้หรือมีการแตกร้าว หากพบจุดที่หลวมหลุดก็ให้ขันสกรูยึดให้แน่น แต่หากพบว่าสายไฟฟ้าใดชำรุดเสียหาย อาจเกิดรอยดำเนื่องจากการไหม้ให้เปลี่ยนใหม่ทันที อันจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดไฟไหม้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3–2 ทั้งนี้การตรวจสอบสามารถทำได้ในระยะเวลา 3-6 เดือนต่อครั้ง หรือเมื่อสังเกตพบ

รูปที่ 3–2 ตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดเหตุไฟไหม้หน้าแผง

3) การตรวจสอบคุณภาพของแผงย่อย

การตรวจสอบคุณภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผง ทำโดยตรวจสอบกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของแต่ละแผงแล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมซึ่งเป็นผลทดสอบก่อนการติดตั้งหรืออาจเปรียบเทียบกับผลทดสอบในครั้งที่ผ่านมาก็ได้ โดยควรทำการเปลี่ยนด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพิกัดเดิมหรือใกล้เคียงกัน หากตรวจพบแล้วไม่

ดำเนินการแก้ไขจะทำให้ระบบเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น และประสิทธิภาพของแผงเซลล์จะลดลง ทั้งนี้การตรวจสอบควรทำ 3 เดือนต่อครั้ง

4) การตรวจสอบโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และพื้นที่บริเวณติดตั้ง

ควรมีการตรวจสอบโครงรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และพื้นที่ติดตั้งเพื่อให้มั่นใจในความแข็งแรงของโครงสร้างรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสภาพความปลอดภัยในการใช้งานให้อยู่ในระดับสูง นอกจากนั้นพื้นที่รอบบริเวณที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00-16.00 น. ควรต้องปราศจากต้นไม้สูงบดบังแสง เนื่องจากจะทำให้เกิดเงาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงต้องหมั่นตรวจสอบหากพบว่ามีการบดบังแสง และเกิดเงาตกทอดลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ทำการตัดกิ่งไม้ที่เป็นสาเหตุของการบดบังออกเสีย รวมถึงบริเวณโดยรอบควรโล่งเตียนปราศจากหญ้ารกและวัชพืช เพื่อการปฏิบัติดูแลบำรุงรักษาระบบเป็นไปได้ง่ายและสะดวก หากพบว่าพื้นดินรอบ ๆ ที่ตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกน้ำเซาะทลายไปให้ทำการบดอัดดินรอบ ๆ บริเวณนั้นใหม่ให้แน่นหนาแข็งแรง เพื่อป้องกันมิให้พังทลายลง ซึ่งอาจทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แตกชำรุดเสียหายได้ ทั้งนี้ระยะเวลาการดูแลบำรุงรักษาทุก 6 เดือนต่อครั้ง หรือขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของบริเวณที่ติดตั้งตามความเหมาะสม

โดยการดูแลบำรุงรักษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรต้องมีการตรวจสอบการทำงานเป็นประจำทุกวัน (ถ้าเป็นไปได้) หรือตรวจเช็คประจำเดือน ดังในตารางที่ 3–1 แสดงตัวอย่างรายการการดูแลบำรุงรักษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์และสิ่งที่ควรพิจารณาในแต่ละอุปกรณ์รวมถึงระยะเวลาในการบำรุงรักษา ทั้งนี้ความถี่ของเวลาการปฏิบัติสามารถปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาวะแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญเพื่อกำหนดระยะเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้น ๆ อาทิ เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในภูมิอากาศร้อนชื้นและมีฝุ่นในอากาศสูงมาก ดังนั้นต้องมั่นทำความสะอาดแผงเซลล์เป็นประจำ

ตารางที่ 3–1 ตัวอย่างตารางการบำรุงรักษาระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบย่อยหรือส่วนประกอบ	การบำรุงรักษา	ความถี่*	สิ่งที่ต้องสังเกต/บันทึก
สถานที่ตั้ง	ตรวจสอบบริเวณที่ติดตั้ง หญ้าหรือวัชพืช และไม่มีเงามาบังแผงเซลล์	ทุก 3-6 เดือน	ตัดต้นไม้ ถ้าจำเป็น
แผงเซลล์แสงอาทิตย์	ตรวจสอบความสะอาดของแผง	ทุก 1 เดือน	หากพบรอยเปื้อน ใบไม้ มูลนก และสิ่งปนเปื้อน ให้ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด
	ตรวจสอบความผิดปกติด้วยสายตา เช่น รอยแตก รอยไหม้ ความชื้น	ทุก 1 ปี	หากมีความผิดปกติควรต้องทำการตรวจสอบเพิ่มเติมสำหรับประสิทธิภาพและความปลอดภัย อาจจะต้องมีการเปลี่ยนแผงใหม่
	ตรวจสอบกล่องต่อสาย - ความแข็งแรงของจุดต่อ - น้ำขัง - ความสมบูรณ์ของฝาปิด - ความสมบูรณ์ของทางเข้าสายเคเบิล และการซีลของ	ทุก 1 ปี	หากมีความปกติของซีล แคลมป์ และไดโอดลัดข้าม ควรต้องทำการเปลี่ยน

ระบบย่อยหรือส่วนประกอบ	การบำรุงรักษา	ความถี่*	สิ่งที่ต้องสังเกต/บันทึก
	ข้อต่อยึดสายไฟกับกล่องการซีลของท่อ - ความสมบูรณ์ของอุปกรณ์จับยึด ตรวจสอบไดโอดลัดข้าม		
การต่อสาย	ตรวจสอบการต่อสาย และความสมบูรณ์ของฉนวนเคเบิลที่ติดตั้ง	ทุก 3-6 เดือน	- ตรวจสอบรอยดำจากการไหม้ รอยแตกของฉนวนหรือการทำลายใด ๆ จากสัตว์หรือคน - ตรวจสอบรอยต่อของสายไฟในจุดต่าง ๆ
คุณลักษณะทางไฟฟ้า	ตรวจสอบมิเตอร์ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	ทุก 3 เดือน	ค่าที่อ่านจากมิเตอร์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ
การติดตั้งโครงสร้าง	ตรวจสอบความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของน็อตและตัวยึดอื่น ๆ	ทุก 6 เดือน	ตรวจสอบความมั่นคง โดยเฉพาะช่วงก่อนเข้าฤดูมรสุม
อุปกรณ์ป้องกัน	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของฟิวส์	ทุก 1 ปี	
	ตรวจสอบการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเครื่องตัดไฟรั่ว (ถ้ามี)	ทุก 1 ปี	

หมายเหตุ *จำนวนความถี่ขึ้นอยู่กับสภาพหน้างาน

3.2 เครื่องสูบน้ำ

3.2.1 เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำ

เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำ หรือที่เรียกว่า ปั๊มซัมเมอร์ส มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนเรือนปั๊ม และส่วนมอเตอร์ เมื่อใช้งานนานไปจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ส่งผลให้อัตราการสูบน้ำลดลงตามไปด้วย ซึ่งสาเหตุหลัก คือ การสึกหรอหรือช่องทางน้ำเกิดการอุดตัน หรืออีกกรณีมีอัตราการสูบเท่าเดิมแต่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและมอเตอร์ชำรุด หรือเกิดการติดขัดและความฝืดเพิ่มขึ้นของเครื่องสูบน้ำ

รูปที่ 3–3 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำ

ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำถูกติดตั้งอยู่ในบ่อบาดาล ทำให้ผู้ใช้งานไม่สามารถมองเห็นเครื่องสูบน้ำจึงตรวจสอบได้ค่อนข้างลำบาก แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีอายุการใช้งานยาวนาน สามารถดูแลรักษาได้ง่าย โดยมีสิ่งที่ควรดำเนินการ ดังนี้

1) การประเมินและติดตามการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

ควรจดบันทึกอัตราการสูบน้ำและกำลังไฟฟ้าที่เครื่องสูบน้ำขณะใช้งานครั้งแรกหรือสภาวะที่ทำงานปกติ เพื่อเป็นข้อมูลในการติดตามเปรียบเทียบประเมินการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

2) ตรวจสอบการทำงานผ่านอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

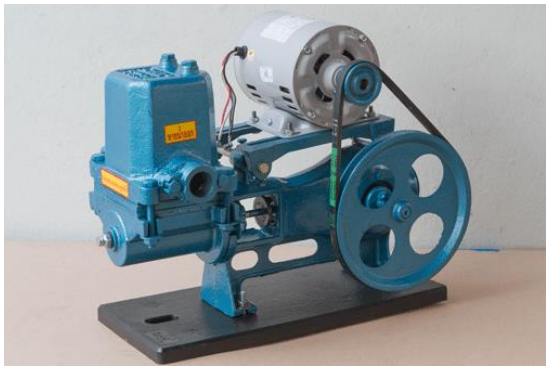
ในปัจจุบันเครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มใต้น้ำมักจะมาพร้อมกับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะมีหน้าจอแสดงสถานะการทำงานหรือข้อบกพร่องที่พบเจอ (Code) เช่น หยุดทำงานเนื่องจากไม่มีน้ำ หยุดทำงานเนื่องจากแสงแดดไม่เพียงพอ เป็นต้น ทั้งนี้สามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากคู่มือการใช้งาน และปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำดังกล่าวตามความเหมาะสม

3.2.2 เครื่องสูบน้ำชนิดชัก

เนื่องจากเครื่องสูบน้ำชนิดชักเป็นแบบลูกสูบทำงานคู่กับมอเตอร์ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในงานการเกษตร ดังนั้นเพื่อให้เครื่องสูบน้ำสามารถรักษาระดับการทำงานของเครื่องสูบให้สม่ำเสมอตลอดการทำงาน จึงจำเป็นต้องบำรุงรักษาให้เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ทั้งนี้จะทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ทำงานได้อย่างถูกต้องตลอดเวลา การบำรุงรักษาทำได้ทั้งการจัดซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลา และการซ่อมบำรุงตามอายุเป็นชั่วโมงการใช้งาน

สำหรับเครื่องสูบน้ำการตรวจสอบเป็นครั้งคราวนั้นจำเป็นมาก แต่ควรเป็นไปตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตเสนอแนะเสนอแนะไว้ โดยมีตัวอย่างการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำตามตารางที่ 3–2 สำหรับเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นต้นกำลังเครื่องสูบน้ำ ควรมีการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาดังแสดงในหมายเหตุ *รายละเอียดการบำรุงรักษาอาจปรับเปลี่ยนตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ควรศึกษาตามคู่มือของเครื่องสูบน้ำ

ตารางที่ 3–3 ซึ่งเป็นตัวอย่างรายละเอียดการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า



ที่มา : https://industrypro.co.th/waterpump/

รูปที่ 3–4 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำชนิดชัก

ตารางที่ 3–2 ตัวอย่างการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำที่มีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า

ความถี่	ข้อควรตรวจ*	ข้อสังเกต
ทุกวัน	กรวดน้ำรั่ว เครื่องสูบมีเสียงดังและมีการสั่นเกิดขึ้น	ยอมให้มีน้ำรั่วได้ 1 หยด ใน 1 วินาที

ความถี่	ข้อควรตรวจ*	ข้อสังเกต
	ตรวจอุณหภูมิที่ร่องลื่นรับเพลา	ไม่ควรเกินอุณหภูมิปกติ (+40 องศาเซลเซียส)
	ตรวจเชือกอัดแกลนด์	
ทุกเดือน	ตรวจน้ำมันหล่อลื่นร่องลื่นรับเพลา	ระดับน้ำมันต้องได้ระดับ
	ตรวจเชือกอัดแกลนด์	ตรวจการสึกหรอแล้วไม่สึกหรอมาก
ทุก 6 เดือน	ตรวจเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นร่องลื่น	ตรวจระดับน้ำมันให้ได้ระดับ
	ตรวจเปลี่ยนผ้าอัดแกลนด์ ขันน็อตให้แน่น ตรวจอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ	ตรวจความแน่นที่ผ้าอัดแกลนด์ อย่าให้แน่นเกินไป
ทุก 1 ปี	ตรวจซ่อมบำรุงใหญ่	ตรวจการสึกหรอของชิ้นส่วนที่เบียดกันได้ และตรวจการผุกร่อน กัดกร่อนของส่วนที่เปียกน้ำได้อย่างละเอียด

หมายเหตุ *รายละเอียดการบำรุงรักษาอาจปรับเปลี่ยนตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ควรศึกษาตามคู่มือของเครื่องสูบน้ำ

ตารางที่ 3–3 ตัวอย่างการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำ

ความถี่	ข้อควรตรวจ*	ข้อสังเกต
ทุกวัน	ระดับเสียง และการสั่นสะเทือนของเครื่อง	ไม่เกินระดับปกติ
	ระดับอุณหภูมิของร่องลื่นรับเพลา	ควรเป็นอุณหภูมิปกติ (+ 40 องศาเซลเซียส)
ทุกเดือน	การเคลื่อนไหวของแปรงพ่วงแหวนเลื่อน (Slip-ring brush movement)	เฉพาะมอเตอร์แบบแกนหมุนพันด้วยสายไฟเท่านั้น
ทุก 6 เดือน	น้ำมันหล่อลื่นร่องลื่นรับเพลา	ตรวจระดับน้ำมัน
	ความต้านทานของเครื่องป้องกันไฟรั่ว ตรวจสอบเครื่องป้องกันต่าง ๆ	ควรเป็น 1 เมตร สำหรับ 600 โวลต์ หรือน้อยกว่า และ 3 เมตร เมื่อมากกว่า 600 โวลต์
ทุก 1 ปี	ตรวจและเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นร่องลื่น	ตรวจระดับหลังเปลี่ยน

หมายเหตุ รายละเอียดการบำรุงรักษาอาจปรับเปลี่ยนตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ควรศึกษาตามคู่มือของมอเตอร์ไฟฟ้า

3.2.3 เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มหรือแช่

เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มหรือแช่ ตัวเครื่องสูบน้ำจะต้องอยู่ในน้ำแล้วส่งน้ำขึ้นไปยังพื้นที่ที่ต้องการผ่านสายยางหรือท่อน้ำที่ต่อไว้ ใช้ระบายน้ำในพื้นที่จำกัด งานถ่ายเทน้ำฝน งานก่อสร้าง ให้น้ำในสวนหรือที่ไร่นาในงานเกษตร ซึ่งการติดตั้งไม่ยุ่งยาก ทั้งนี้การบำรุงรักษาเบื้องต้นมีรายละเอียดดังนี้

1) การต่อสายไฟ – ควรระวังน้ำเข้าบริเวณจุดต่อของสายไฟ ควรตรวจสอบการพันเทปสายไฟอย่างละเอียด มิเช่นนั้นน้ำอาจจะเข้าไปในสายไฟและอาจเข้าไปในตัวเครื่องสูบน้ำได้

2) บริเวณขั้วสายไฟ – กรณีที่นำไปจุ่มในน้ำนาน ๆ ส่วนที่เป็นยางบริเวณขั้วสายไฟอาจจะมีอาการเสื่อม ส่งผลให้น้ำเข้าตัวเครื่องสูบน้ำได้ ดังนั้นควรป้องกันโดยการใช้ซิลิโคนหรือยาแนวอุดบริเวณขั้วสายไฟ

3) การแช่เครื่องสูบน้ำ – ควรแช่เครื่องสูบน้ำในน้ำที่สะอาด หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ควรระวังตะกอนหรือเศษต่าง ๆ ที่จะเข้าไปในตัวเครื่องสูบน้ำ เพราะสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้นอาจจะไปพันใบพัด ทำให้

รอบการหมุนใบพัดทำงานช้าลง และอาจจะส่งผลให้ใบพัดเสียหาย ทั้งนี้สามารถแก้ไขด้วยการใช้ตะแกรงละเอียดกันเศษต่าง ๆ

4) การต่อสายไฟ – การต่อสายไฟไม่ควรยาวเกิน 10 เมตร เพราะจะทำให้เกิดสูญเสียแรงดันไฟฟ้า ซึ่งส่งผลทำให้รอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำช้าลง

รูปที่ 3–5 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มหรือแช่

ทั้งนี้ภาพรวมของการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำ คือ การเดินเครื่องสูบน้ำตลอดเวลาควรมีการจดข้อมูลการปฏิบัติงานทุกวัน เพื่อจะได้สังเกตสภาพการปฏิบัติงาน และดูแลการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ ถ้าสามารถจับสภาพการปฏิบัติงานที่ผิดปกติได้เสียแต่เนิ่น ๆ ก็สามารถเตรียมการซ่อมบำรุง หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดได้ทัน ในกรณีที่เกิดการเสียหายขึ้น ข้อมูลที่จดไว้ก็อาจเป็นประโยชน์ในการค้นหาสาเหตุของการชำรุดที่เกิดขึ้นได้การตรวจสอบแนวโน้มการใช้งานเปรียบเทียบกับที่ต้องการเราอาจสังเกตการเปลี่ยนแปลงผลของการปฏิบัติงานของเครื่องสูบน้ำอันเนื่องมาจากการเกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนที่อยู่ภายในได้ โดยเครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดมีแนวทางในการดูแลรักษาที่แตกต่างกันไป โดยมีตัวอย่างอาการและสาเหตุปัญหาของเครื่องสูบน้ำดังแสดงในตารางที่ 3–4

ตารางที่ 3–4 ตัวอย่างอาการและสาเหตุปัญหาของเครื่องสูบน้ำ

รายการตรวจสอบ อาการและสาเหตุปัญหาของเครื่องสูบน้ำ	**ปั๊มไม่จ่ายน้ำ**	**ปั๊มจ่ายน้ำออกน้อย**	**ปั๊มให้แรงดันน้ำน้อย**	**เริ่มต้นจ่ายน้ำแล้วขาดหายไป**	**ปั๊มต้องการกำลังงานมากผิดปกติ**	**คลับอัดกันรั่ว (Stuffing box) ร้วมากผิดปกติ**	**อายุการใช้งานของกันรั่ว (Packing) สั้นผิดปกติ**	**ปั๊มสั่นหรือมีเสียงดัง**	**อายุการใช้งานของรองลื่น (Bearing) สั้น**	**ปั๊มร้อนจัดเวลาทำงานหรือหมุนฝืด**
1. ไม่ได้เติมน้ำก่อนเดินเครื่อง หรือไม่มีน้ำอยู่ในห้องสูบ	■									■
2. ในห้องสูบหรือท่อดูดมีน้ำไม่เต็ม	■	■		■				■		
3. ระยะดูดยก (Suction lift) สูงเกินไป	■	■		■				■		
4. NPSHa น้อยกว่า NPSHr	■	■						■		■
5. มีฟองอากาศหรือก๊าซในของเหลวมากเกินไป		■	■	■						
6. มีโพรงอากาศ (Air Pocket) ในท่อดูด	■	■		■						
7. ท่อดูดรั่ว อากาศเข้าไปในท่อได้		■		■						

รายการตรวจสอบ อาการและสาเหตุปัญหาของเครื่องสูบน้ำ	**ปั๊มไม่จ่ายน้ำ**	**ปั๊มจ่ายน้ำออกน้อย**	**ปั๊มให้แรงดันน้ำน้อย**	**เริ่มต้นจ่ายน้ำแล้วขาดหายไป**	**ปั๊มต้องการกำลังงานมากผิดปกติ**	**คลับอัดกันรั่ว (Stuffing box) ร้อนมากผิดปกติ**	**อายุการใช้งานของกันรั่ว (Packing) สั้นผิดปกติ**	**ปั๊มสั่นหรือมีเสียงดัง**	**อายุการใช้งานของรองลื่น (Bearing) สั้น**	**ปั๊มร้อนจัดเวลาทำงานหรือหมุนฝืด**
8. อากาศรั่วเข้าไปในห้องสูบผ่านตลับอัดกันรั่ว (Stuffing box)		■		■						
9. ฟุตวาล์วเล็กเกินไป		■						■		
10. ฟุตวาล์วอุดตัน		■						■		
11. ปลายท่อดูดอยู่ต่ำจากผิวของของเหลวไม่มากพอ	■	■		■				■		
12. ท่อน้ำกันรั่วอุดตัน น้ำไม่สามารถไหลเข้าไปทำหน้าที่ได้ ทำให้อากาศรั่วเข้าในห้องสูบ				■			■			
13. ติดตั้ง Seal cage ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องในตลับอัดกันรั่ว (Stuffing box) ทำให้น้ำกันรั่วไม่สามารถไหลเข้าไปทำหน้าที่ได้				■		■	■			
14. ความเร็วต่ำเกินไป	■	■	■							
15. ความเร็วสูงเกินไป					■					
16. ใบพัดหมุนผิดทาง	■		■		■					
17. เฮดรวมของระบบสูงกว่าเฮดของปั๊มที่ออกแบบไว้	■	■	■		■					
18. เฮดรวมของระบบต่ำกว่าเฮดของปั๊มที่ออกแบบไว้					■					
19. ให้ปั๊มทำงานที่อัตราสูบต่ำมาก								■		■
20. ให้ปั๊มที่ไม่เหมาะสมทำงานร่วมกันแบบขนาน	■	■	■							■
21. มีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปติดอยู่ในใบพัด	■	■			■			■		
22. เพลาของปั๊มและต้นกำลังไม่ได้ศูนย์ซึ่งกันและกัน					■	■	■	■	■	■
23. แท่นปั๊มและต้นกำลังไม่มั่นคงแข็งแรง								■		
24. เพลาคด					■	■	■	■	■	
25. ชิ้นส่วนที่หมุน บด กับส่วนที่อยู่กับที่					■			■	■	■
26. รองลื่น (Bearing) สึก							■	■	■	■
27. แหวนกันสึก (Wearing ring) สึกมาก	■	■			■					
28. ใบพัดชำรุด	■	■						■		
29. กันรั่ว (Gasket) ของห้องสูบชำรุด ทำให้มีการรั่วภายใน	■	■								
30. เพลาหรือปลอกเพลา (Shaft sleeves) ชำรุดที่กันรั่ว (Packing)						■	■			
31. ติดตั้งกันรั่ว (Packing) ไม่ถูกต้อง					■	■	■			
32. ประเภทของกันรั่วไม่เหมาะกับสภาพการทำงาน					■	■	■			
33. เพลาหมุนไม่ได้ศูนย์เนื่องจากรองลื่นชำรุด หรือเพลาของปั๊มและต้นกำลังไม่ได้ศูนย์กัน						■	■	■	■	■
34. ใบพัดหรือชิ้นส่วนที่หมุนอื่นไม่สมดุล ทำให้เกิดการสั่น						■	■	■	■	

3.3 ระบบท่อส่งน้ำ

นอกจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์หลักของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และเครื่องสูบน้ำ แล้วนั้น การบำรุงรักษาระบบท่อส่งน้ำนับเป็นสิ่งที่จะขาดไม่ได้เช่นเดียวกัน เพราะหากส่วนการดูดน้ำสามารถทำงานได้ดีแล้ว แต่ส่วนการส่งน้ำเพื่อไปใช้งานต่อไม่สามารถทำได้ ระบบสูบน้ำฯ ก็ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพของระบบ ทั้งนี้ปัญหาหลักของระบบท่อส่งน้ำ คือ ท่อแตก ท่อรั่ว ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นผู้ใช้งานต้องดำเนินการดังนี้

1) ตรวจสอบการรั่วซึมของน้ำในระบบท่อ – ควรตรวจสอบบริเวณจุดต่อท่อ ประตูน้ำ และวาล์วน้ำ โดยสังเหตจากความผิดปกติบริเวณรอบ ๆ เช่น มีหญ้าขึ้นงอกงามในบริเวณใกล้เคียงแนวท่อมากกว่าบริเวณอื่น ๆ หรือมีน้ำขัง มีโคลน ในบริเวณใกล้เคียงแนวท่อซึ่งไม่ได้เกิดจากฝนตก
2) ตรวจสอบการทรุดตัวของอุปกรณ์ – ควรตรวจสอบอุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์ค้ำยันท่อ วาล์ว และประตูน้ำ ซึ่งการทรุดตัวอาจจะทำให้เกิดการรั่วซึมหรือท่อแตกได้

3.4 หน่วยอุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า และหน่วยเก็บสะสมพลังงาน (กรณีที่มีการติดตั้ง)

3.4.1 อุปกรณ์ควบคุมหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า

การตรวจสอบสภาพเครื่องควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือตัวแปลงกระแสไฟฟ้า (อินเวอร์เตอร์ : กรณีโหลดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ) และเครื่องวัดต่าง ๆ การตรวจสอบบำรุงรักษาในส่วนนี้ จะเป็นการตรวจสอบสภาพการทำงานของวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้อุปกรณ์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ผู้รับผิดชอบการตรวจสอบในส่วนนี้จำเป็นต้องมีความรู้ในด้านอิเล็กทรอนิกส์จึงจะสามารถดำเนินการได้ เมื่อตรวจพบอุปกรณ์ตัวใดชำรุดเสียหายให้การแก้ไขหรือทำการเปลี่ยนใหม่หากไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ ซึ่งการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ประเภทนี้ไม่ยุ่งยากนัก

รูปที่ 3–6 ตัวอย่างอินเวอร์เตอร์ที่มีจำหน่ายทั่วไป

ทั้งนี้ในการออกแบบควรให้อุปกรณ์ส่วนนี้อยู่ในตัวอาคารหรือในบริเวณซึ่งมีสภาพแวดล้อมอากาศที่มีอุณหภูมิไม่สูงนัก และควรอยู่ในที่กำบังหลีกหนีจากฝุ่นละอองความชื้นสูง โดยระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดูแลรักษาสามารถกระทำได้หลาย ๆ เดือนต่อครั้ง ควรสังเกตว่าระดับเสียงการทำงานของอินเวอร์เตอร์ไม่ดังอย่างผิดปกติหรือเกิดความร้อนมากเกินปกติ ถ้าว่าผิดปกติให้รีบตัดไฟฟ้าออกจากอินเวอร์เตอร์ แล้ว

ติดต่อบริษัทผู้จำหน่ายหรือบริษัทที่รับติดตั้งระบบให้มาตรวจสอบหาสาเหตุเพื่อแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ต่อไป

3.4.2 หน่วยเก็บสะสมพลังงาน

การเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยนิยมใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid) ซึ่งได้รับการพัฒนาและมีประสิทธิภาพสูงสามารถจัดหาได้ทั่วไป การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงจำเป็นต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้แบตเตอรี่ที่มีสภาพดีควรสะอาด ไม่มีฝุ่นหรือคราบสกปรก และไม่ควรมีรอยกัดกร่อน สิ่งที่ต้องตรวจสอบสภาพสำหรับแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ ระดับของน้ำกรดในแบตเตอรี่ ระดับแรงดันไฟฟ้า และข้อบกพร่องที่ตรวจพบได้ด้วยตาเปล่า เป็นต้น

การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ต้องใช้เครื่องมือวัด ได้แก่ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหรือมัลติมิเตอร์และไฮโดรมิเตอร์เพื่อวัดความถ่วงจำเพาะ รวมถึงอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน เช่น อุปกรณ์เติมน้ำกลั่นที่เป็นพลาสติก น้ำกลั่นสำหรับเติมแบตเตอรี่ และเศษผ้าสะอาดหรือกระดาษชำระเพื่อทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่ ส่วนความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงเช่นกัน ดังนั้นในระหว่างทำการบำรุงรักษาควรมีอุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ แว่นตา หรือแว่นเซฟตี้ เพื่อป้องกันน้ำกรดกระเด็นเข้าตา ถุงมือยาง รองเท้ายางเซฟตี้ เอี๊ยมยางใส่กันกรดกระเด็นใส่เสื้อผ้า และหมวกพลาสติกเซฟตี้ เป็นต้น

วิธีการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องนั้น มีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้

1) การตรวจเช็คระดับน้ำกรด
   หมั่นสังเกตระดับความสูงของสารอิเล็กโทรไลต์ในแบตเตอรี่ หากพบว่ามีระดับต่ำจนใกล้เส้นระดับต่ำสุดต้องระวังอย่าให้น้ำกรดแห้ง ควรตรวจและเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับที่กำหนด (เติมน้ำกลั่นเท่านั้นหากเติมน้ำกรดลงไปจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการบำรุงรักษาได้ โดยอาจทำให้แบตเตอรี่เกิดการระเบิด ทั้งนี้ขึ้นกับค่าความเป็นกรดของสารอิเล็กโทรไลต์) หรือเติมให้แตะกับขาของช่องเติมน้ำกรด และต้องตรวจเติมทุกช่องของแบตเตอรี่ ซึ่งโดยทั่วไปในแบตเตอรี่จะมีทั้งหมด 6 ช่อง
2) ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าและไหลออกจากแบตเตอรี่ ให้เหมาะสมกัน
3) ตรวจสอบและดูแลอุปกรณ์อื่นที่ต่อพ่วงกับแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพดี
   เช่น สายไฟไม่ฉีกขาด หางปลาน๊อตและโบ๊ลต์ มีสภาพปกติไม่ผุกร่อน เป็นต้น รวมถึงกวดขันน๊อตและโบ๊ลต์ให้แน่นอยู่เสมอ
4) จุดต่อสายไฟต้องแห้งสะอาดอยู่เสมอ
5) ข้อสังเกตลักษณะอาการที่ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
   - ระดับน้ำกรดมีความแตกต่างของระดับน้ำกรดลดลงแตกต่างกันมากในแต่ละช่องเซลล์ การลดลงของน้ำกรดในบางเซลล์หรือทุกเซลล์ผิดปกติ หรือเติมน้ำกลั่นบ่อยกว่าปกติ
   - ระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้าน้อยลงเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงอย่างรวดเร็วผิดปกติ แม้ว่าจะทำการประจุไฟฟ้าจนเต็มแล้ว

- หากแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10 โวลต์ และไม่สามารถประจุไฟเพิ่มเติมได้ และมีระยะเวลาการใช้งานมากกว่า 2 ปี
- เกิดความผิดปกติของเปลือกด้านนอกแบตเตอรี่ ฝาปิดแบตเตอรี่ ขั้วไฟฟ้า สะพานไฟ และ สายไฟ เช่น แตกร้าว รั่วซึม ผุกร่อน ขาด และยุบ เป็นต้น
- แผ่นธาตุและแผ่นกั้นพบความผิดปกติ เช่น หักร่วง ผุกร่อน บวม มีสีขาวจากขี้เกลือหรือในทางเคมีเรียกว่าเกลือของซัลเฟต

บทที่ 4
การใช้งานไฟล์คำนวณการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น

จากการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 มาแล้วนั้น ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นว่าการคำนวณออกแบบระบบสูบน้ำฯ มีรายละเอียดที่ค่อนข้างยาก และผู้ออกแบบระบบฯ จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเชิงลึก เพื่อให้สามารถออกแบบอุปกรณ์ภายในระบบได้ตรงกับความต้องการและสามารถสร้างระบบที่นำไปใช้ได้จริง นอกจากนั้นคณะผู้จัดทำได้สอบถามไปยังผู้ปฏิบัติงานระดับพื้นที่ คือ เจ้าหน้าที่สำนักงานพลังงานจังหวัดต่าง ๆ ทั้งที่ได้เคยดำเนินการและกำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการสนับสนุนระบบสูบน้ำพลังงานอาทิตย์ในพื้นที่ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความต้องการที่จะเข้าใจและนำความรู้ไปแนะนำต่อยอดให้กับหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชนในจังหวัด ซึ่งปัจจุบันผู้ปฏิบัติงานที่มีความเชี่ยวชาญในระบบสูบน้ำฯ ยังมีจำนวนไม่มาก แต่ผู้ที่สนใจและคาดหวังการสนับสนุนเชิงวิชาการและเชิงเทคนิคในพื้นที่มีจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเนื่องจากเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีราคาที่ถูกลง ผู้สนใจ เช่น เกษตรกร สถานประกอบการขนาดเล็ก ที่อยู่อาศัย สามารถเป็นผู้ลงทุนเทคโนโลยีเองได้ แต่ยังคาดแรงสนับสนุนและความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้

ด้วยเหตุนี้การให้คำปรึกษาและให้ความรู้เรื่องระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับสำนักงานพลังงานจังหวัด กระทรวงพลังงาน จึงนับเป็นอีกหน้าที่หนึ่งที่จะช่วยขับเคลื่อนด้านพลังงานในระดับพื้นที่ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบโปรแกรมช่วยคำนวณการออกแบบระบบสูบน้ำฯ เบื้องต้น โดยแนวคิดการออกแบบจะอ้างอิงเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับแบบแนะนำของสำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน ดังแสดงในภาคผนวก ระบบสูบน้ำฯ ดังกล่าว จะเป็นระบบไฟฟ้ากระแสตรง ไม่มีการต่ออุปกรณ์เก็บประจุและอินเวอร์เตอร์ โปรแกรมช่วยคำนวณนี้จะประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

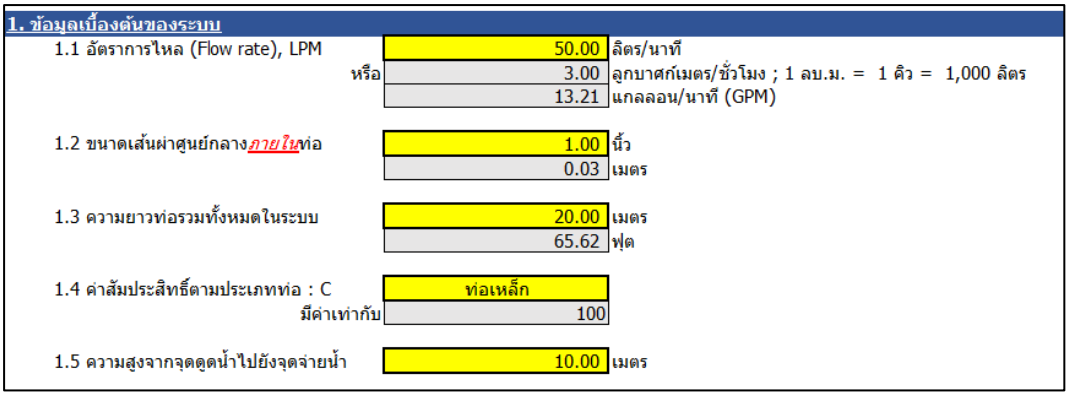
- การคำนวณออกแบบขนาดของเครื่องสูบน้ำเบื้องต้น
- การคำนวณออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- การแปลงหน่วยข้อมูล

4.1 การคำนวณออกแบบขนาดของเครื่องสูบน้ำเบื้องต้น

จากบทที่ 2 ข้อ 2.2 และ 2.3 เป็นการออกแบบและคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำ และออกแบบระบบท่อและวาล์วที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสำหรับการประเมินค่าความสูญเสียของระบบจะใช้สมการของ Hazen-Williams ในการประมวลผล โดยโปรแกรมช่วยคำนวณจะมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบ

เบื้องต้นผู้ออกแบบจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้นของระบบเครื่องสูบน้ำที่ต้องการ มีความต้องการใช้น้ำปริมาณเท่าใด หากไม่ทราบความต้องการสำหรับภาคการเกษตร สามารถประเมินได้จากบทที่ 2 ข้อ 2.1 ตารางการประเมินความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด



1. ข้อมูลเบื้องต้นของระบบ

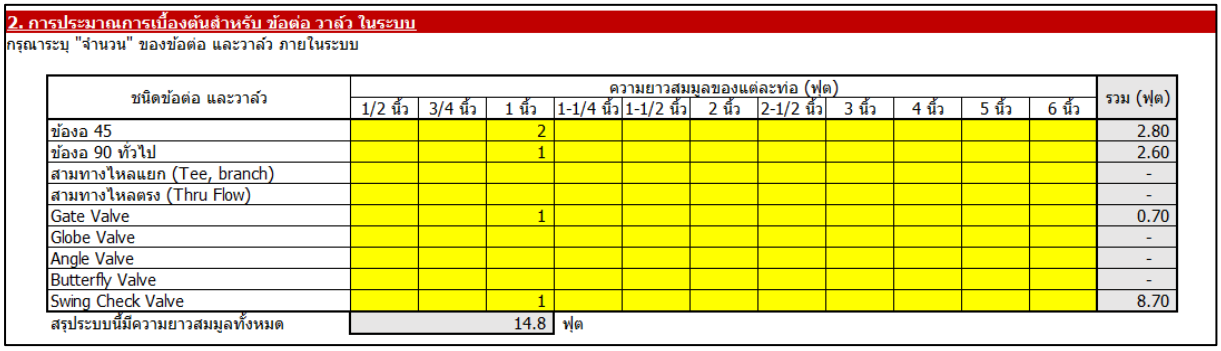
1.1 อัตราการไหล (Flow rate), LPM	50.00	ลิตร/นาที
หรือ	3.00	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ; 1 ลบ.ม. = 1 คิว = 1,000 ลิตร
	13.21	แกลลอน/นาที (GPM)
1.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง*ภายใน*ท่อ	1.00	นิ้ว
	0.03	เมตร
1.3 ความยาวท่อรวมทั้งหมดในระบบ	20.00	เมตร
	65.62	ฟุต
1.4 ค่าสัมประสิทธิ์ตามประเภทท่อ : C	ท่อเหล็ก	
มีค่าเท่ากับ	100	
1.5 ความสูงจากจุดดูดน้ำไปยังจุดจ่ายน้ำ	10.00	เมตร

รูปที่ 4–1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบ

จากนั้นเลือกขนาดเบื้องต้นของท่อส่งจ่ายน้ำ (นิ้ว) สำหรับกรณีที่ต้องการติดตั้งเครื่องสูบน้ำในบ่อบาดาล ต้องพิจารณาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อร่วมด้วย ไม่เช่นนั้นเครื่องสูบน้ำอาจจะมีขนาดที่ใหญ่เกินไปและไม่สามารถย่อนลงบ่อบาดาลได้ ทั้งนี้ขนาดของท่อส่งจ่ายน้ำจะส่งผลกระทบต่อความเร็วของน้ำในท่อด้วยเช่นกัน ถัดไปผู้ออกแบบควรทำการร่างผังการติดตั้งส่งจ่ายน้ำไว้เบื้องต้น เพื่อให้ทราบถึงความยาวของท่อที่ต้องใช้ตั้งแต่ระยะสูบน้ำจนถึงจุดจ่ายน้ำ (เมตร) พร้อมทั้งเลือกชนิดของท่อที่จะใช้สำหรับระบบสูบน้ำฯ ในโปรแกรมสามารถเลือกชนิดของท่อได้ซึ่งเป็นท่อที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบัน สุดท้ายผู้ออกแบบต้องทำการคาดการณ์หรือวัดความสูงในแนวดิ่งจากจุดดูดน้ำไปยังจุดจ่ายน้ำ (เมตร) โดยนำข้อมูลทั้งหมดกรอกลงในช่องสีเหลือง

2) การประมาณการเบื้องต้นสำหรับข้อต่อและวาล์วในระบบ

หลังจากที่กรอกข้อมูลเบื้องต้นตามความต้องการของผู้ออกแบบเรียบร้อยแล้ว สำหรับระบบท่อจะต้องมีการพิจารณากรณีที่มีข้อต่อและวาล์วเพิ่มเติม โดยผู้ออกแบบสามารถกรอก “จำนวน” ของอุปกรณ์ที่ต้องการ โดยจะมีระบุขนาดของท่อไว้ด้านบน หากในข้อมูลเบื้องต้นใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว จำนวนอุปกรณ์ที่กรอกลงในช่องสีเหลือง ควรกรอกลงในช่องของท่อขนาด 1 นิ้ว ให้สอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 4–2



2. การประมาณการเบื้องต้นสำหรับ ข้อต่อ วาล์ว ในระบบ

กรุณาระบุ "จำนวน" ของข้อต่อ และวาล์ว ภายในระบบ

ชนิดข้อต่อ และวาล์ว	ความยาวสมมูลของแต่ละท่อ (ฟุต)										รวม (ฟุต)
	1/2 นิ้ว	3/4 นิ้ว	1 นิ้ว	1-1/4 นิ้ว	1-1/2 นิ้ว	2 นิ้ว	2-1/2 นิ้ว	3 นิ้ว	4 นิ้ว	5 นิ้ว	6 นิ้ว	
ข้องอ 45			2									2.80
ข้องอ 90 ทั่วไป			1									2.60
สามทางไหลแยก (Tee, branch)												-
สามทางไหลตรง (Thru Flow)												-
Gate Valve			1									0.70
Globe Valve												-
Angle Valve												-
Butterfly Valve												-
Swing Check Valve			1									8.70
สรุประบบนี้มีความยาวสมมูลทั้งหมด			14.8	ฟุต								

รูปที่ 4–2 การประมาณการเบื้องต้นสำหรับข้อต่อและวาล์วในระบบ

ในขั้นตอนนี้ โปรแกรมจะคำนวณค่าความสูญเสียรอง (Minor Loss) ของระบบออกมาให้ ซึ่งโปรแกรมจะนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผลต่อสำหรับหาค่าเฮดรวมของน้ำหรือ Total Dynamic Head (TDH) ต่อไป

3) การคำนวณข้อมูล

เมื่อกรอกข้อมูลเบื้องต้นในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะประมวลผลแสดงในรายละเอียดตามรูปที่ 4–3 ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาให้ความสำคัญรายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับ “ความเร็วของน้ำในท่อ” เนื่องจากความเร็วดังกล่าว ตามหลักทฤษฎีแล้วนั้นควรมีค่า 1.2-2.4 เมตรต่อวินาที เพื่อให้ระบบท่อลดการสึกหรอและลดปัญหาเสียงดังจากน้ำที่ไหลในท่อ ทั้งนี้หากความเร็วของน้ำในท่อ สูงหรือต่ำกว่า ผู้ออกแบบจะต้องกลับไปแก้ไขขนาดของท่อส่งน้ำในขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง

3. การคำนวณข้อมูล

- ความเร็วของน้ำในท่อ	1.65	เมตร/วินาที ; ควรอยู่ระหว่าง 1.2-2.4 เมตร/วินาที
- Friction loss rate (อัตราสูญเสียความฝืด)	24.80	ฟุต/100 ฟุต
- ความสูญเสียหัวน้ำที่เกิดในระบบ		
Major loss (การสูญเสียในท่อตรง)	16.28	ฟุตของน้ำ
Minor loss (การสูญเสียในข้อต่อ)	3.67	ฟุตของน้ำ
รวมสูญเสียหัวน้ำ	19.95	ฟุตของน้ำ
	6.07	เมตรของน้ำ

รูปที่ 4–3 การคำนวณข้อมูลการออกแบบ

ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะได้ทราบถึงความสูญเสียที่เกิดจากเฮดความฝืดของระบบ ทั้งนี้หากต้องการแก้ไขความยาวท่อ และอุปกรณ์ข้อต่อและวาล์ว สามารถกลับไปแก้ไขได้ในขั้นตอนที่ 1 และ 2

4) สรุปการออกแบบเครื่องสูบน้ำเบื้องต้น

ในขั้นตอนสุดท้ายแล้วนั้น จากรูปที่ 4–4 ผู้ออกแบบระบบจะต้องกรอกค่าเผื่ออุปกรณ์ในระบบ (กรณีมีก๊อกน้ำหรือเครื่องกรอง) และค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ ทั้งนี้เป็นค่าที่มาจากการประมาณเบื้องต้น หากทราบข้อมูลดังกล่าวสามารถกลับมากรอกข้อมูลที่จริงได้เช่นกัน

สรุปการเลือกปั๊มเบื้องต้น

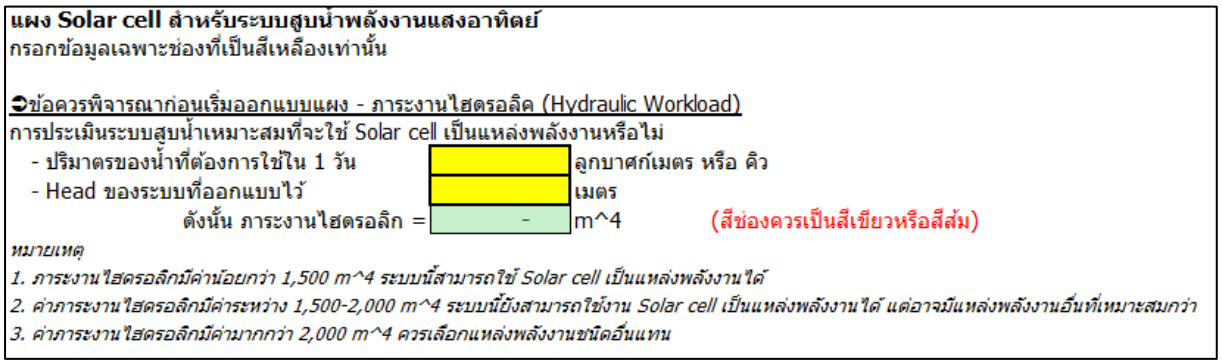
ค่าเผื่ออุปกรณ์ในระบบ (ร้อยละ)	30			
ค่าประสิทธิภาพของปั๊ม (ร้อยละ)	70			
ควรเลือกปั๊มที่มี Spec ดังนี้				
สามารถจ่ายน้ำได้	50.00	ลิตร/นาที		
ขนาดท่อส่งน้ำ	1.00	นิ้ว		
Head (ไม่น้อยกว่า)	19.07	เมตร		
ขนาดของปั๊มประมาณ (ไม่น้อยกว่า)	0.22	กิโลวัตต์ หรือ	0.30	แรงม้า (HP)

รูปที่ 4–4 สรุปการออกแบบเครื่องสูบน้ำเบื้องต้น

สุดท้ายแล้วโปรแกรมช่วยคำนวณจะประมวลผลคุณลักษณะของเครื่องสูบน้ำให้กับผู้ออกแบบ โดยผู้ออกแบบสามารถนำค่าดังกล่าว ได้แก่ ขนาดกำลังไฟฟ้า ความสามารถในการจ่ายน้ำ ขนาดของท่อส่งน้ำ และขั้นต่ำของระยะเฮดที่เครื่องสูบน้ำควรทำได้ ทั้งนี้จะเป็นข้อมูลให้ผู้ออกแบบคัดเลือกเครื่องสูบน้ำตามท้องตลาดที่เหมาะสมกับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

4.2 การคำนวณออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากบทที่ 2 ข้อ 2.5 ก่อนที่ผู้ออกแบบจะคำนวณหาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งานนั้น จะต้องประเมินความเหมาะสมของแหล่งพลังงานก่อน ซึ่งข้อแนะนำดังกล่าวเป็นข้อมูลสำหรับประเมินเบื้องต้นหากเครื่องสูบน้ำที่มีต้องการมีการใช้งานที่มากเกินไป แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้และไม่คุ้มค่าในการลงทุน โดยผู้ออกแบบกรอกข้อมูลจริงของความต้องการใช้น้ำใน 1 วัน และเฮดของระบบที่ออกแบบไว้ในช่องสีเหลือง ในรูปที่ 4–5

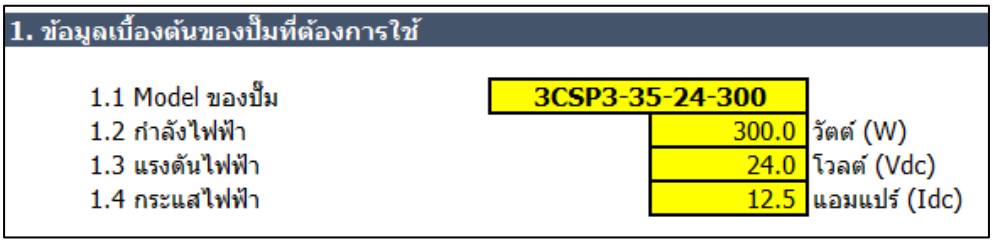


รูปที่ 4–5 ข้อควรพิจารณาความเหมาะสมสำหรับการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน

หลังจากที่พิจารณาและพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความเหมาะสมกับระบบสูบน้ำที่ได้ออกแบบไว้แล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณหาระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถทำให้ระบบสูบน้ำสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1) ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการใช้

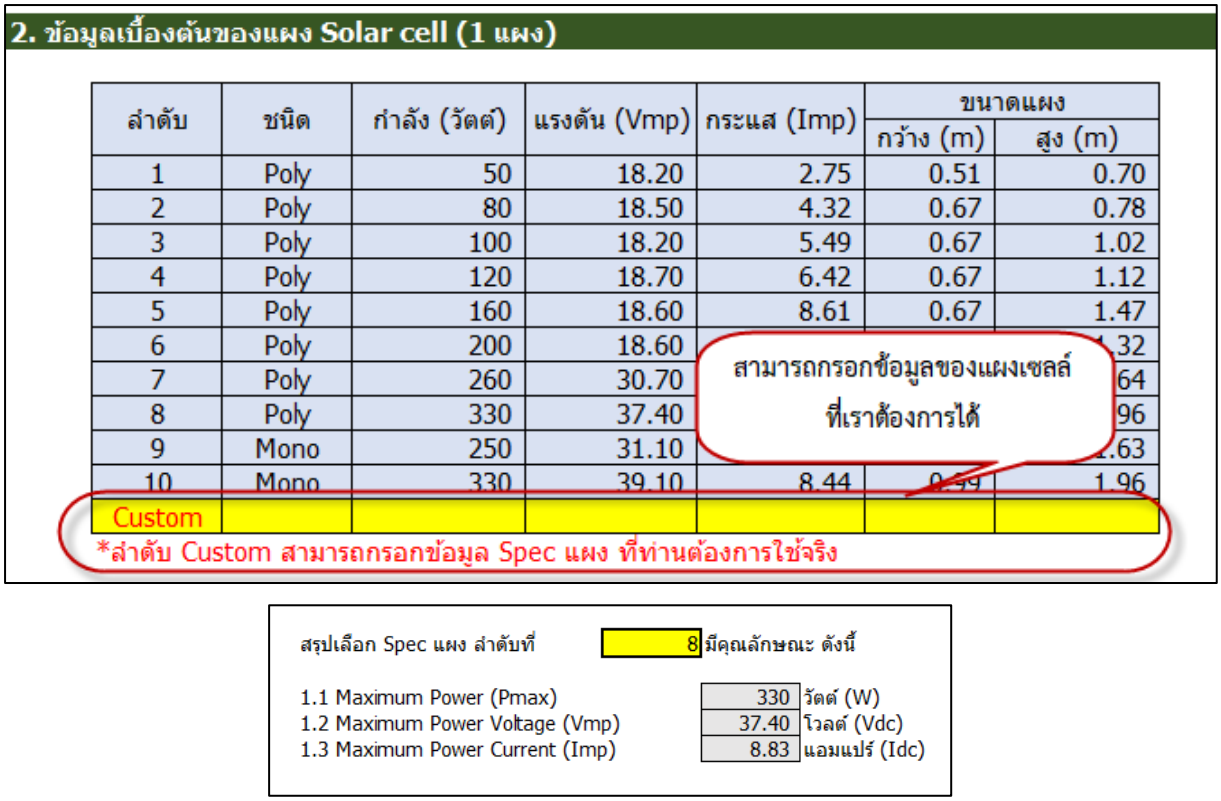
หลังจากที่คำนวณหาเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมแล้วนั้น ผู้ออกแบบจะต้องข้อมูลของเครื่องสูบน้ำที่จะนำมาใช้ในระบบจริง โดยกรอกข้อมูลรายละเอียดของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการในช่องสีเหลือง ทั้งนี้สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ Nameplate ของเครื่องสูบน้ำ หรือในเว็บไซต์ที่ผู้ขายลงรายละเอียดไว้



รูปที่ 4–6 ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการใช้

2) ข้อมูลเบื้องต้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากนั้นผู้ออกแบบทำการเลือกชนิดและขนาดกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับระบบ โดยข้อมูลจะเป็นข้อมูลสำหรับ 1 แผง สามารถเลือกตัวเลือกจากข้อมูลที่โปรแกรมได้หามาให้ (ข้อมูลแผงเซลล์ในท้องตลาด, ณ ตุลาคม 2563) กรณีที่มีข้อมูลของแผงเซลล์ที่จัดหามาเองสามารถกรอกลงในช่องสีเหลืองเองได้ จากนั้นกดเลือกหมายเลขลำดับของแผงที่ต้องการตั้งแต่ 1-8 และ Custom ได้ดังแสดงในรูปที่ 4–7



2. ข้อมูลเบื้องต้นของแผง Solar cell (1 แผง)

ลำดับ	ชนิด	กำลัง (วัตต์)	แรงดัน (Vmp)	กระแส (Imp)	ขนาดแผง	
					กว้าง (m)	สูง (m)
1	Poly	50	18.20	2.75	0.51	0.70
2	Poly	80	18.50	4.32	0.67	0.78
3	Poly	100	18.20	5.49	0.67	1.02
4	Poly	120	18.70	6.42	0.67	1.12
5	Poly	160	18.60	8.61	0.67	1.47
6	Poly	200	18.60			1.32
7	Poly	260	30.70			1.64
8	Poly	330	37.40			1.96
9	Mono	250	31.10			1.63
10	Mono	330	39.10	8.44	0.99	1.96
Custom						

สามารถกรอกข้อมูลของแผงเซลล์ที่เราต้องการได้

*ลำดับ Custom สามารถกรอกข้อมูล Spec แผง ที่ท่านต้องการใช้จริง

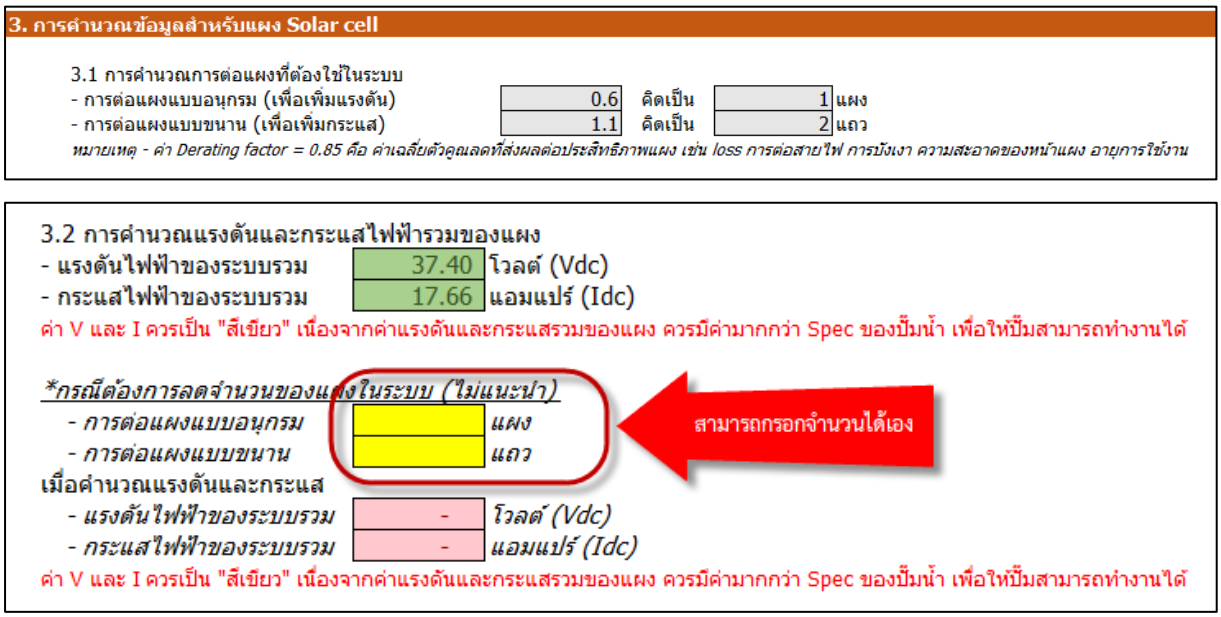
สรุปเลือก Spec แผง ลำดับที่ 8 มีคุณลักษณะ ดังนี้

1.1 Maximum Power (Pmax)	330	วัตต์ (W)
1.2 Maximum Power Voltage (Vmp)	37.40	โวลต์ (Vdc)
1.3 Maximum Power Current (Imp)	8.83	แอมแปร์ (Idc)

รูปที่ 4–7 ตัวอย่างข้อมูลแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดและขนาด

3) การคำนวณข้อมูลสำหรับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเลือกแผงที่ต้องการได้แล้วโปรแกรมจะนำข้อมูลกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ของแผงเซลล์มาประมวลผล เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เครื่องสูบน้ำสามารถทำงานได้ ทั้งนี้หลักการการคำนวณสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่บทที่ 2 ข้อ 2.5



3. การคำนวณข้อมูลสำหรับแผง Solar cell

3.1 การคำนวณการต่อแผงที่ต้องใช้ในระบบ

- การต่อแผงแบบอนุกรม (เพื่อเพิ่มแรงดัน)	0.6	คิดเป็น	1	แผง
- การต่อแผงแบบขนาน (เพื่อเพิ่มกระแส)	1.1	คิดเป็น	2	แถว

หมายเหตุ - ค่า Derating factor = 0.85 คือ ค่าเฉลี่ยตัวคูณลดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพแผง เช่น loss การต่อสายไฟ การบังเงา ความสะอาดของหน้าแผง อายุการใช้งาน

3.2 การคำนวณแรงดันและกระแสไฟฟ้ารวมของแผง

- แรงดันไฟฟ้าของระบบรวม 37.40 โวลต์ (Vdc)
- กระแสไฟฟ้าของระบบรวม 17.66 แอมแปร์ (Idc)

ค่า V และ I ควรเป็น "สีเขียว" เนื่องจากค่าแรงดันและกระแสรวมของแผง ควรมีค่ามากกว่า Spec ของปั๊มน้ำ เพื่อให้ปั๊มสามารถทำงานได้

**กรณีต้องการลดจำนวนของแผงในระบบ (ไม่แนะนำ)*

- *การต่อแผงแบบอนุกรม* แผง
- *การต่อแผงแบบขนาน* แถว

สามารถกรอกจำนวนได้เอง

เมื่อคำนวณแรงดันและกระแส

- *แรงดันไฟฟ้าของระบบรวม* - *โวลต์ (Vdc)*
- *กระแสไฟฟ้าของระบบรวม* - *แอมแปร์ (Idc)*

ค่า V และ I ควรเป็น "สีเขียว" เนื่องจากค่าแรงดันและกระแสรวมของแผง ควรมีค่ามากกว่า Spec ของปั๊มน้ำ เพื่อให้ปั๊มสามารถทำงานได้

รูปที่ 4–8 การคำนวณข้อมูลสำหรับระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ซึ่งโปรแกรมช่วยคำนวณจะพิจารณาโดยปัดค่าการคำนวณขึ้น ส่งผลให้มีพลังงานในวันที่แสงแดดจัดมากกว่าความต้องการของปั๊ม ซึ่งหากระบบฝั่งกักเก็บน้ำมีการใช้ลูกลอยร่วมเครื่องสูบน้ำจะหยุดทำงานหลังจากที่ปริมาณน้ำเต็มระดับที่กำหนด นอกจากนั้นระบบสามารถให้ผู้ออกแบบกำหนดจำนวนของแผงที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนานได้เองในช่องสีเหลือง

4) สรุปการเลือกขนาดและจำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

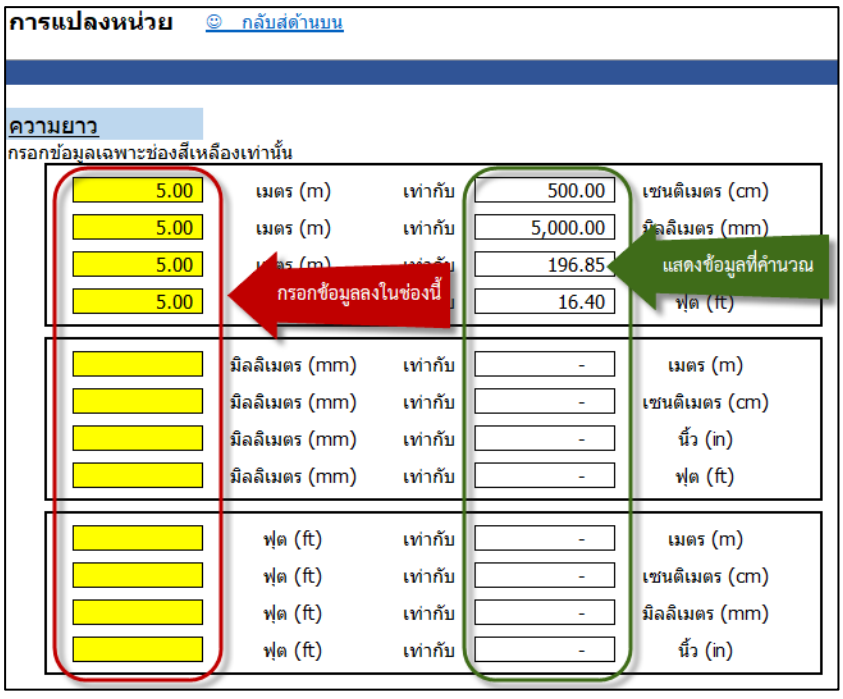
สุดท้ายแล้วโปรแกรมช่วยคำนวณจะแสดงผลการออกแบบระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ผู้ออกแบบทราบ ทั้งแบบที่โปรแกรมคำนวณและแบบที่ผู้ออกแบบกำหนดจำนวนเอง ซึ่งจะเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้ออกแบบต่อไป

สรุปการเลือกขนาดและจำนวนแผง Solar cell สำหรับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

	โปรแกรม	ออกแบบเอง	
แผงขนาด (1 แผง)	330	330	วัตต์ (W)
จำนวนแผงที่ต้องใช้ในระบบรวม	2	1	แผง
กำลังการผลิตของแผงทั้งระบบรวม	660	660	วัตต์ (W)
แรงดันไฟฟ้า (DC)	37.40	37.40	โวลต์ (V)
กระแสไฟฟ้า (DC)	17.66	8.83	แอมแปร์ (A)
ต่อแผงแบบอนุกรม	1	1	แผง ; กรณีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ใช้แผง 1 แผงต่อ 1 แถว ไม่มีการต่ออนุกรมกับแผงอื่น
ต่อแถวแบบขนาน	2	1	แถว ; กรณีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง มีแผงเพียง 1 แถว ไม่มีการต่อขนานกับแถวอื่น

4.3 การแปลงหน่วยข้อมูล

ในโปรแกรมช่วยคำนวณนี้ จะมีสำหรับการแปลงหน่วยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะอยู่ในแถบชีท “Data Converter” ผู้ใช้งานสามารถแปลงหน่วยของข้อมูลได้ตามที่ต้องการ โดยกรอกข้อมูลที่ทราบในช่องสีเหลือง จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณและแสดงผลในช่องสีเทา ตามตัวอย่างในรูปที่ 4–9



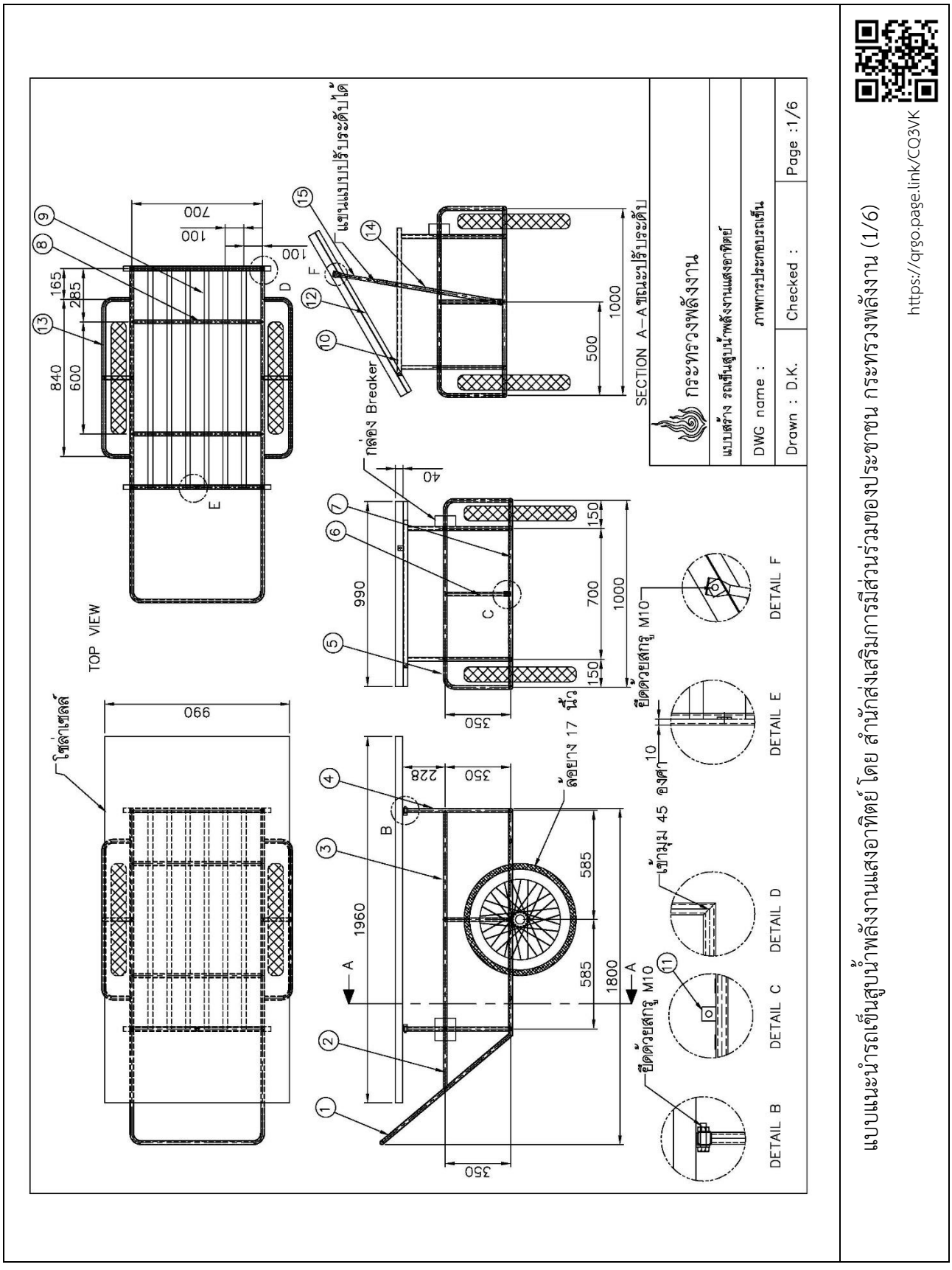
รูปที่ 4–9 ตัวอย่างการแปลงหน่วยข้อมูล

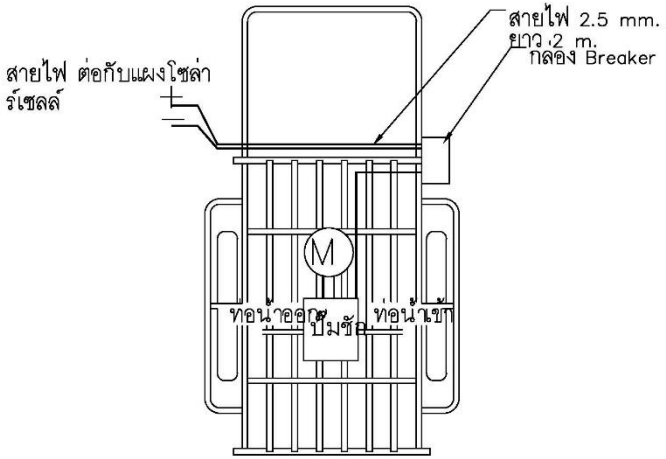
การแปลงหน่วยมีทั้งหมด 4 หน่วยข้อมูล ประกอบด้วย หน่วยด้านความยาว หน่วยด้านปริมาตร หน่วยด้านอัตราการไหล และหน่วยด้านกำลังไฟฟ้า

ภาคผนวก

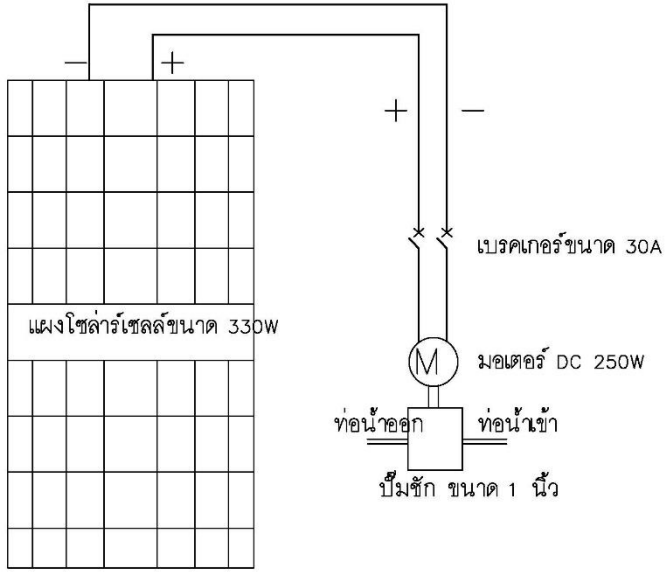
แบบแนะนำระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์

แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน





ภาพแสดงวงจรการต่อปั๊มชักเข้ากับตัวรถ

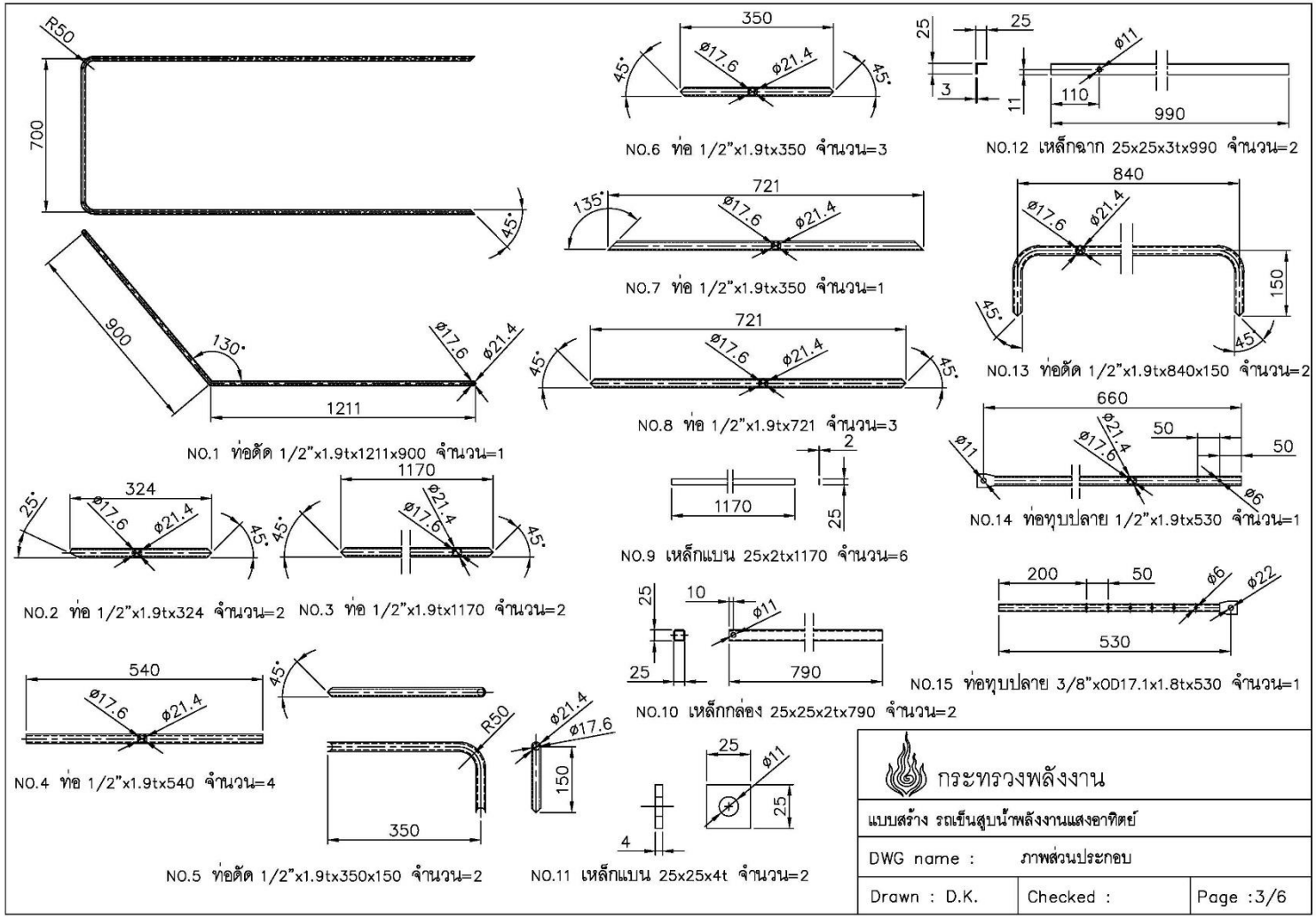


ภาพแสดงการต่อวงจรเข้ากับแผงโซล่าเซลล์

กระทรวงพลังงาน		
แบบสร้าง รถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์		
DWG name : ภาพแสดงวงจร		
Drawn : D.K.	Checked :	Page :2/6

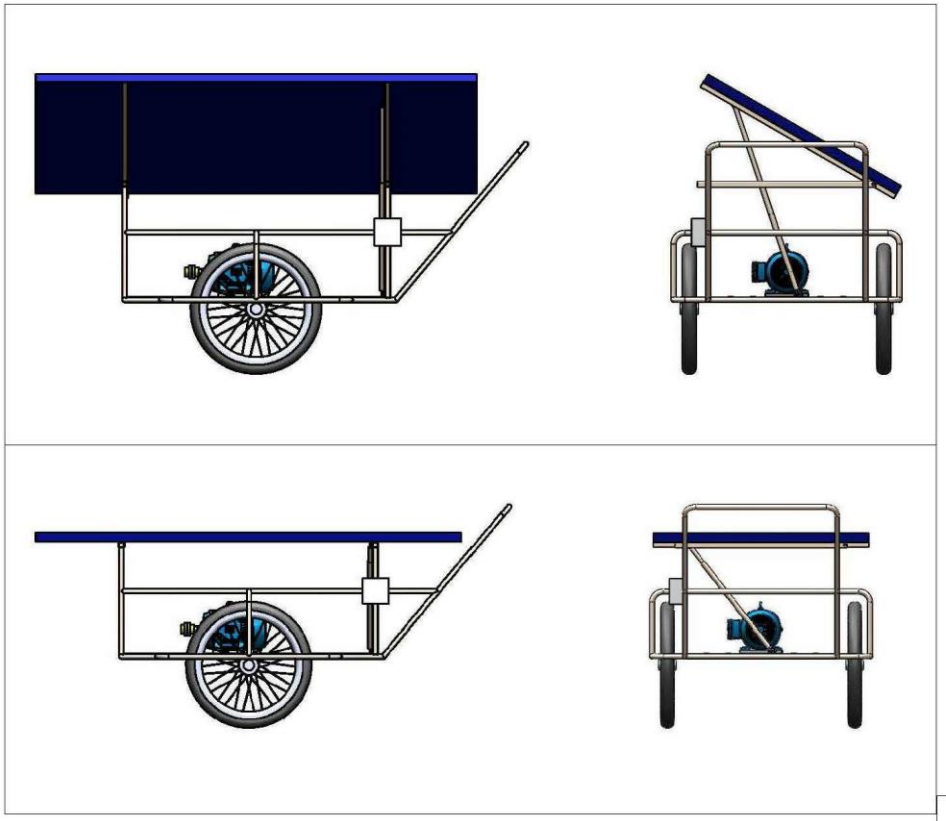
https://qrgo.page.link/CQ3VK

ใช้งาน



แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน (3/6)

https://qrgo.page.link/CQ3VK

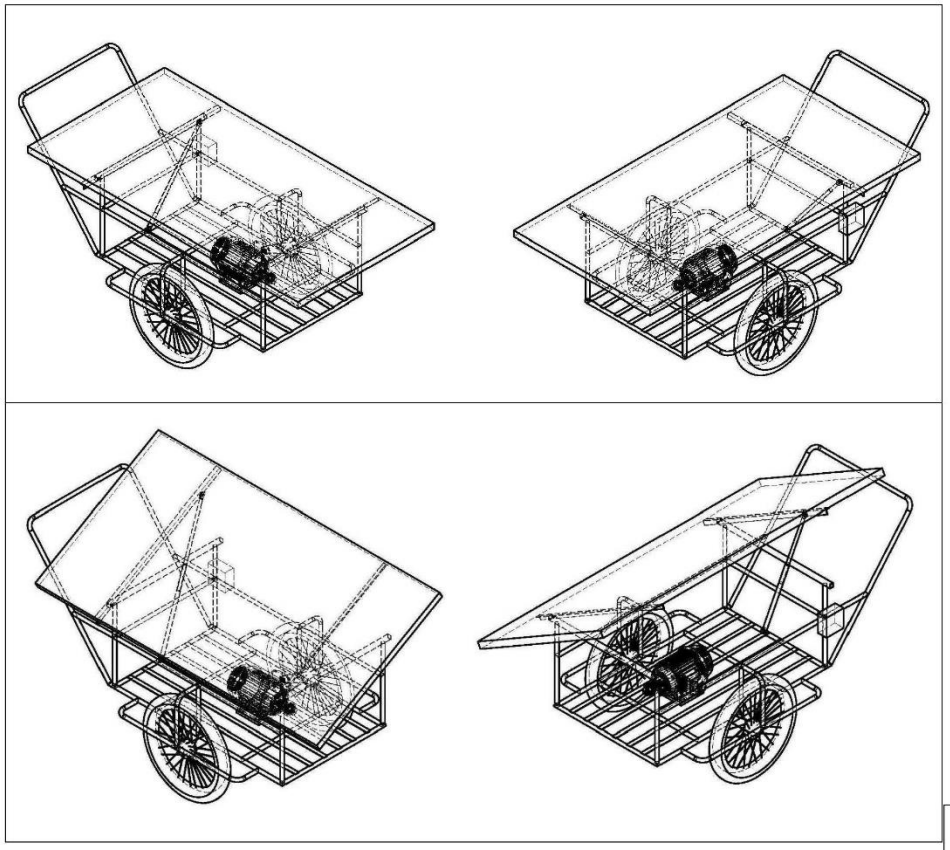


กระทรวงพลังงาน

แบบสร้าง รถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์		
DWG name : ภาพสามมิติ		
Drawn : D.K.	Checked :	Page :4/6

แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน (4/6)

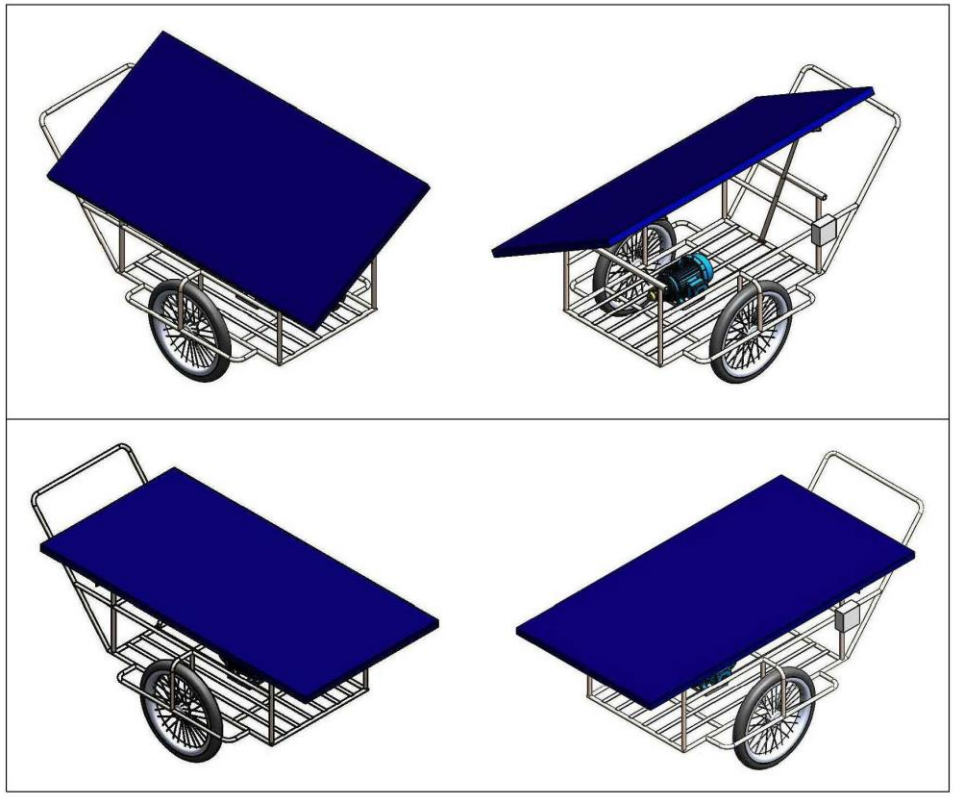
https://qrgo.page.link/CQ3VK



กระทรวงพลังงาน		
แบบสร้าง รถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์		
DWG name : ภาพสามมิติ		
Drawn : D.K.	Checked :	Page :5/6

แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน (5/6)

https://qrgo.page.link/CQ3VK



กระทรวงพลังงาน		
แบบสร้าง รถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์		
DWG name : ภาพสามมิติ		
Drawn : D.K.	Checked :	Page :6/6

แบบแนะนำรถเข็นสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดย สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน กระทรวงพลังงาน (6/6)

https://qrgo.page.link/CQ3VK

ฉ บฺนฯ

เอกสารอ้างอิง

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน ; คู่มือบริหารโครงการ “ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์” ภายใต้โครงการส่งเสริมพัฒนาพลังงานทดแทนในชุมชน

สำนักส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน ; คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โครงการสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สู้ภัยแล้ง

กองถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ; การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ; มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย : ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา, 2559

นภัทร วัจนเทพินทร์ ; การติดตั้งระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยตนเอง, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2554

นครินทร์ รินพล ; คู่มือการออกแบบระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เบื้องต้น,พิมพ์ครั้งที่ 20, 2560

สุเทพ แก้วนัย ; คู่มือปั๊ม Pump Handbook, 2554

นิพนธ์ ลักขณาอดิศร ; คบเด็กสร้างบ้าน-วาล์วในงานก่อสร้างบ้าน, วารสาร TPA News ของสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2559

Prof. Jenkin, T .2014. Designing Solar Water Pumping Systems for Livestock [Online] Available at : https://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR670.pdf

Engineering ToolBox, (2004). Hazen-Williams Equation - calculating Head Loss in Water Pipes. [online] Available at : https://www.engineeringtoolbox.com/hazen-williams-water-d_797.html [September, 2020]

บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด ; แผนภูมิการสูญเสียความดันน้ำ เนื่องจากการไหลของน้ำผ่านท่อพีวีซีแข็ง “ท่อน้ำไทย” : https://thaipipe.co.th/demos/product/content-01/01/pic-b/04.pdf

ธำรง เปรมปรีดิ์ และดำรงศักดิ์ มลิลา ; เครื่องสูบน้ำ การออกแบบ การใช้งาน และการบำรุงรักษา, 2534

ข้อมูลการดูแลรักษาปั๊มน้ำ DC (ปั๊มแช่/ปั๊มไดโว่) ; https://www.thaiwatersystem.com/

แผงโซล่าเซลล์ Mono/Poly ต่างกันอย่างไร ; https://www.solarbesttech.com/th/articles/155891

Andrew Sendy ; Types of solar panels: which one is the best choice? Available at : https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels#crystalline-silicon

คณะที่ปรึกษา

คณะทำงาน

- ศิวเรศ ธรรมวิเศษ
- อรุณ อินทสะระ
- วรนล จันทร์ศิริ
- เชาวรัช ทองแก้ว
- แทนวรรณ โตโพธิ์กลาง
- วิชัย แกมมณี
- สุรพงษ์ อินทรเจียว
- เทียนชัย หารอาษา
- สาโรตม์ บำรุงเสนา

ที่ปรึกษาโครงการ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์

- ผศ.วงกต วงค์อภัย
- ผศ.ดร.ชัชวาลย์ ชัยชนะ
- ผศ.ดร.เดช ดำรงศักดิ์
- อาจารย์ขจรเดช พิมพ์พิไล
- จันทร์จิรา เตชะเวชเจริญ
- ชัยชาญ ฤทธิเกริกไกร
- ณปภัช เล็กกำแหง
- เก่งวิช วัฒกวิกรานต์

รายละเอียดการพิมพ์

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 1,000 เล่ม

จัดทำโดย กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน

(ปกหลัง)

(มีรายละเอียดตามข้อความด้านล่าง ปรับตำแหน่งได้ตามความเหมาะสม)

กระทรวงพลังงาน
MINISTRY OF ENERGY

โลโก้กระทรวงพลังงาน (ไฟล์ AI)

กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน

อาคาร บี ชั้น 23 ศูนย์เอนเนอร์ยี่คอมเพล็กซ์

555/2 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2140-7000

จัดทำและเรียบเรียงโดย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ : 0-5394-4904

เว็บไซต์ : http://ete.eng.cmu.ac.th/