

การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

Energy Saving For Water Pump



บริษัท มิตรเทคนิคคัลคอนซัลแตนท์ จำกัด

1168/8 ชั้น12 อาคารลุมพินีทาวเวอร์ ถ.พระราม4

แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

โทร. +66-2679-9079-84 โทรสาร. +66-2679-9085

E-mail: mitr_en@mitr.com , <http://www.mitr.com>

หัวข้อการบรรยาย

1

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์

2

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

3

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

4

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ



เครื่องวัดที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์

1. เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Meter)



แบบ Ultrasonic

- ติดตั้งง่าย ไม่จำเป็นต้องตัดต่อท่อ
- ราคาสูง ไม่คุ้มค่าในการซื้อหากใช้งานน้อย

เครื่องวัดที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์

2. เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)



- ใช้วัดความดันที่ตกร้อมเครื่องสูบน้ำ เพื่อหา Head ของระบบ

เครื่องวัดที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์

3. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)



- ใช้วัดกำลังไฟฟ้า Input ของเครื่องสูบน้ำ

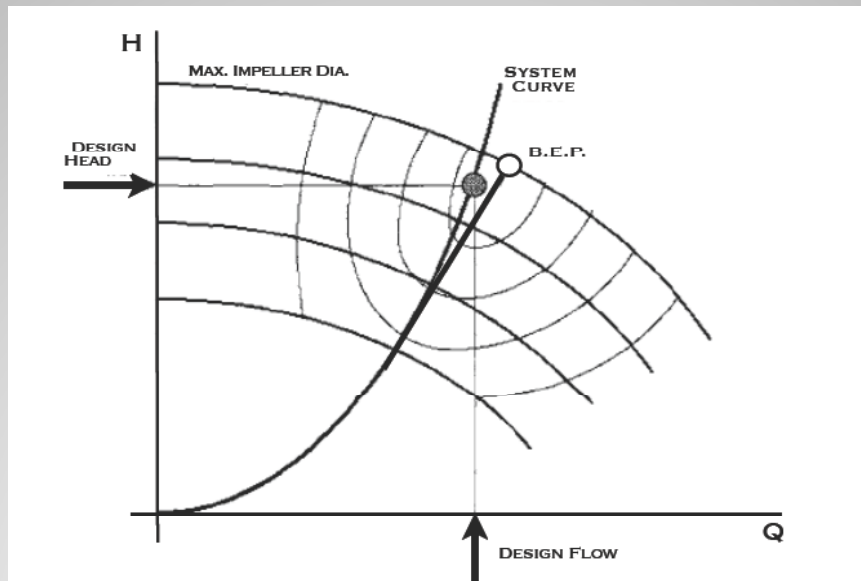
การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

Best Efficiency Point (BEP) คือ

- ➡ BEP เป็นตำแหน่งที่เครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุดบน Pump Performance Curve
- ➡ การทำงานของเครื่องสูบน้ำจะมีความสมดุลและเสถียรที่สุด ณ ตำแหน่งนี้
- ➡ ควรพยายามคำนวณเลือกเครื่องสูบน้ำให้มีจุดทำงานได้ใกล้เคียง BEP มากที่สุด
- ➡ ทางปฏิบัติสามารถใช้งานเครื่องสูบน้ำได้ในช่วง 70%-120%

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

Best Efficiency Point (BEP)

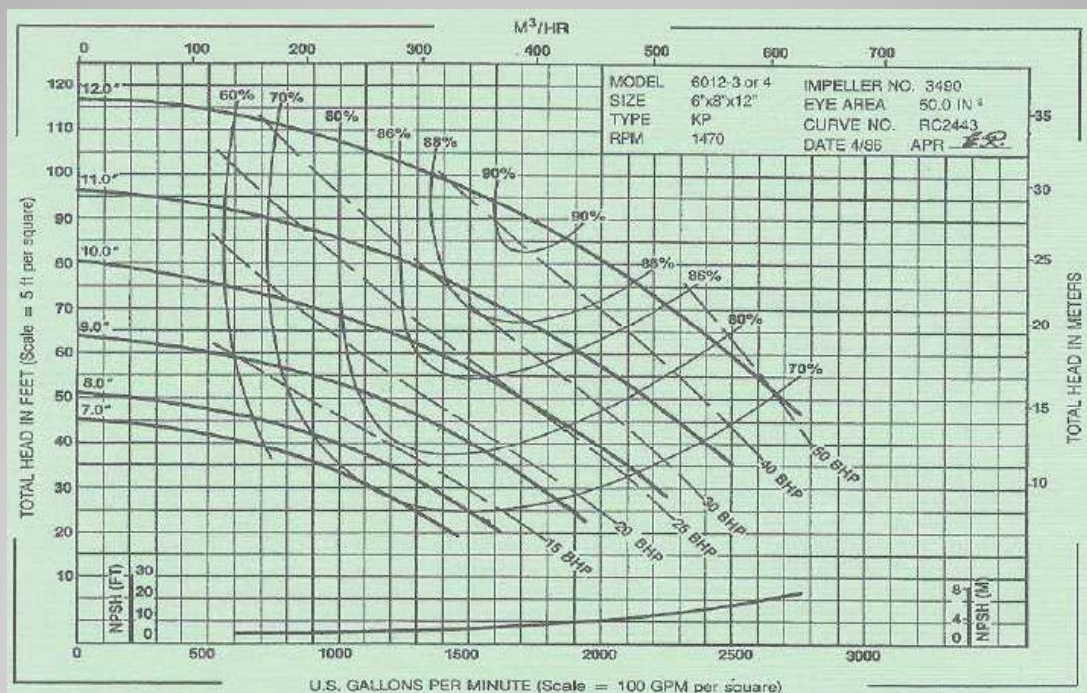


7

MITR

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่าง Pump Performance Curve



8

MITR

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

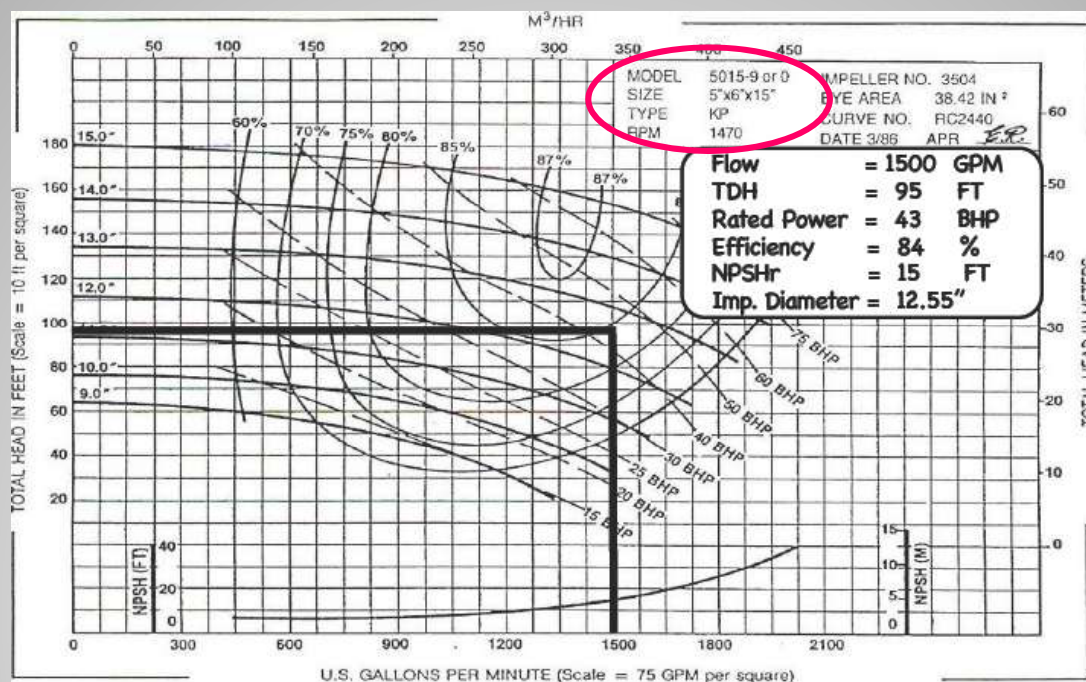
ต้องการใช้เครื่องสูบน้ำ Condenser ที่มีอัตราการส่งน้ำไม่ต่ำกว่า 1,500 GPM คำนวณค่า Total Dynamic Pump Head ได้ 95 FT เครื่องสูบน้ำตั้งอยู่ในระดับเดียวกับ Cooling Tower คำนวณค่า Available Net Positive Suction Head เท่ากับ 15 FT เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง/วัน ให้เลือกใช้เครื่องสูบน้ำที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด



การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

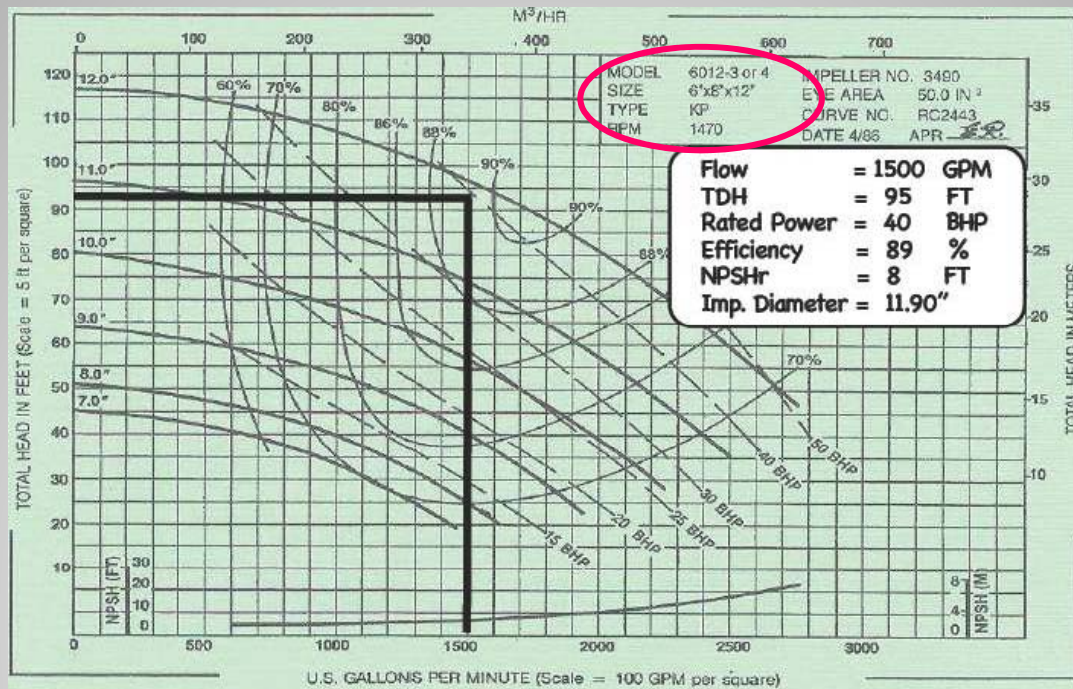
Model ที่ 1



การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

Model ที่ 2



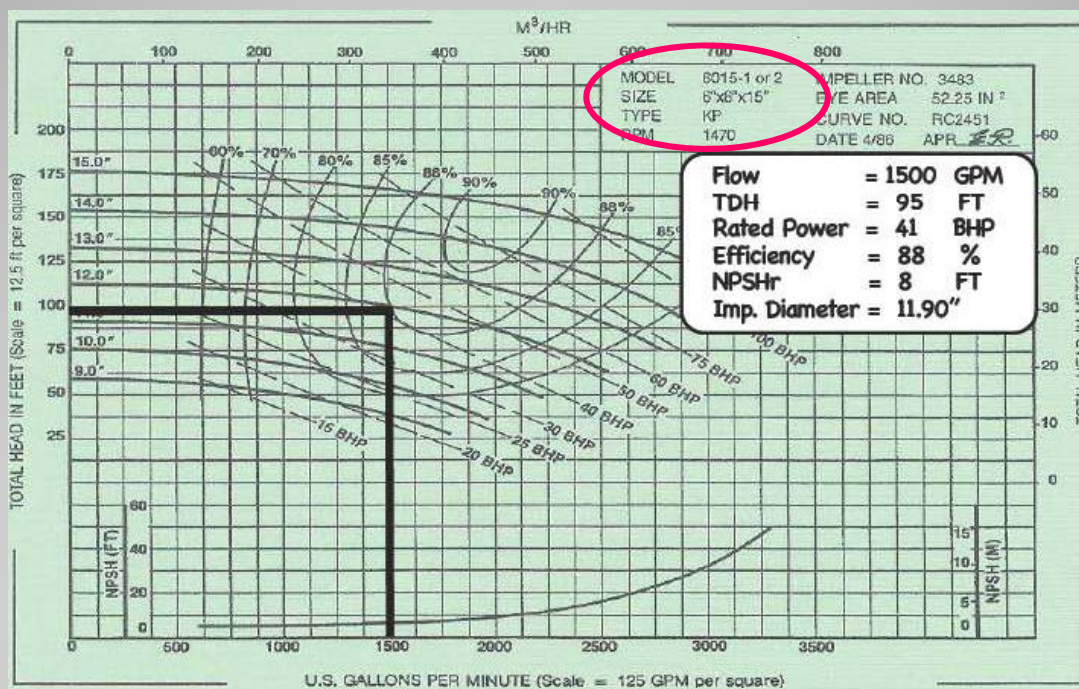
11

MITR

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

Model ที่ 3



12

MITR

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การหาขนาดเครื่องสูบน้ำ

- ให้มี Service Factor 15 % ของ BHP ของจุดออกแบบ
- ให้มีขนาดมอเตอร์ครอบคลุมถึงปลายใบสูบของขนาดใบสูบที่จุดออกแบบ (Non-Overload Curve)



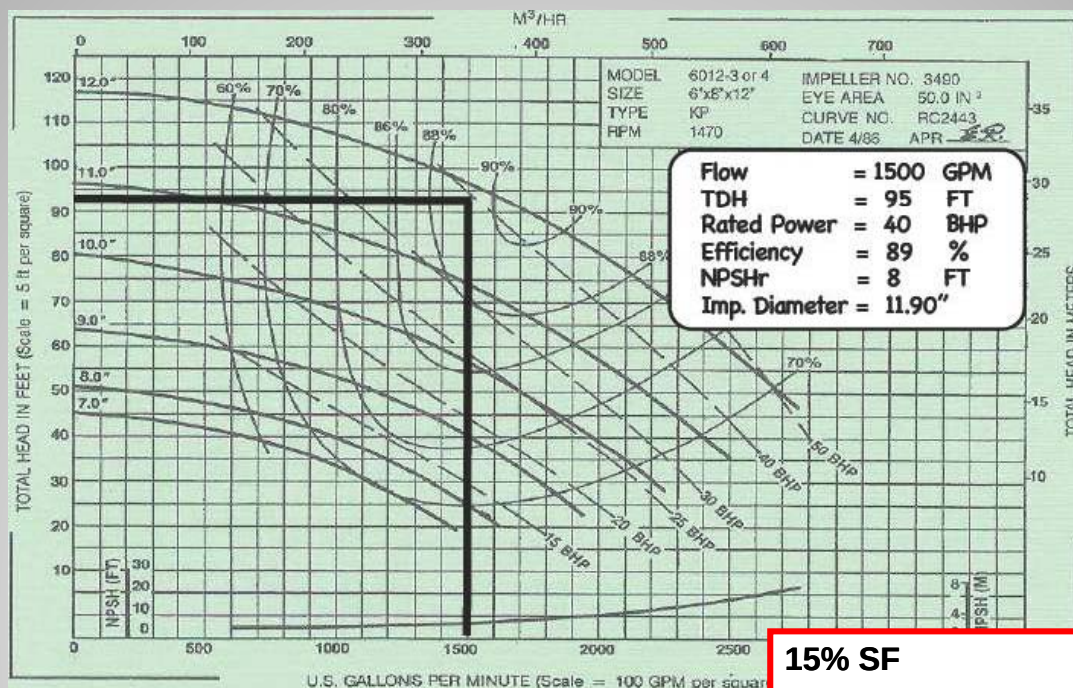
13

MITR

การพิจารณาเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

การกำหนดหาขนาดมอเตอร์

เลือก ปั๊มน้ำ Model ที่ 2



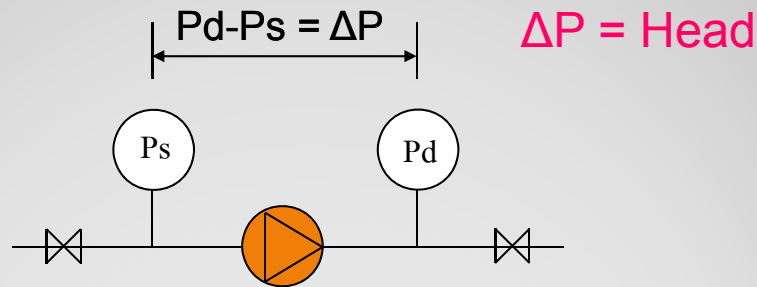
15% SF	= 46 HP
Motor Size	= 50 HP
NOL Motor Size	= 75 HP

14

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 1

อ่านค่าความดันจากเกจความดันที่ติดตั้งบริเวณด้านหน้าและหลังเครื่องสูบน้ำ เพื่อคำนวณความเสียดทานรวมของระบบหรือ Head ระบบ



1 ฟุตน้ำ = 0.4335 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว = 2.989 กิโลปาสกาล = 0.3048 เมตรน้ำ



15

MITR

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 2

วัดค่าอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านเครื่องสูบน้ำ



1 แกลลอนต่อนาที = 0.2271 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง = 0.0631 ลิตรต่อวินาที



16

MITR

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 3

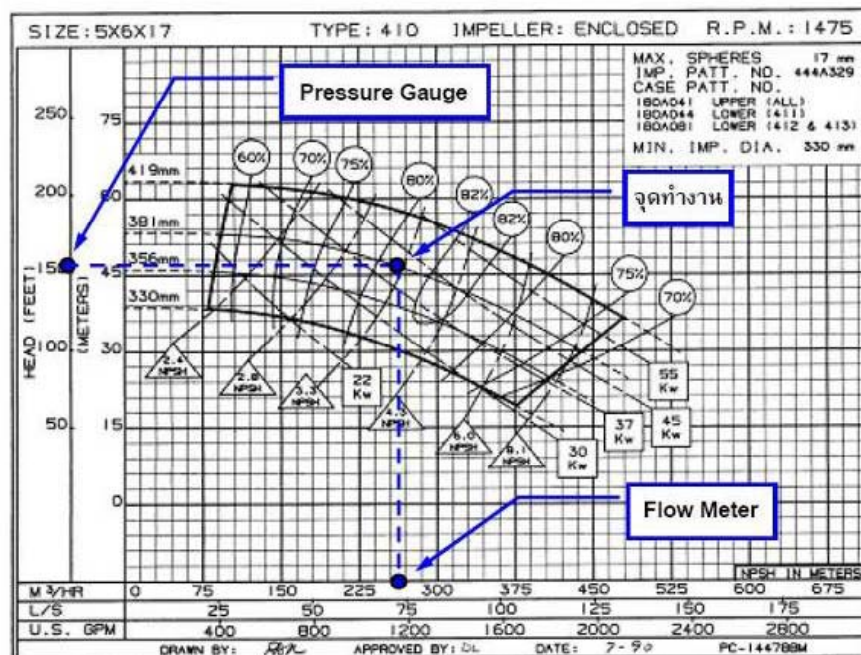
ให้พล็อตค่า Head (แกนแนวตั้ง) และอัตราการไหลของน้ำ (แกนแนวนอน) ลงบนกราฟสมรรถนะการทำงานของเครื่องสูบน้ำรุ่นนั้นๆ เราจะได้จุดตัดหรือจุดทำงานจริงของเครื่องสูบน้ำบนกราฟ และจากกราฟเราสามารถอ่านค่าประสิทธิภาพและกำลังม้าเพลา (BHP) ของเครื่องสูบน้ำได้



17

MITR

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ



18

MITR

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 (ต่อ)

จากกราฟ Head และอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องสูบน้ำมีค่าเท่ากับ 151 ฟุตน้ำ และ 1,200 GPM ตามลำดับ จะได้ว่า

- 1) ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ จากจุดทำงานบนกราฟ สมรรถนะฯ อ่านค่าได้ 81%
- 2) กำลังม้าเพลลา หรือ Brake Horse Power (BHP) จากจุดทำงานบนกราฟอ่านค่าได้ประมาณ 42 kW หรือคำนวณได้จากสูตร



การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 (ต่อ)

$$\text{BHP (kW)} = \frac{\text{Head (Ft.H}_2\text{O)} \times \text{Flow Rate (GPM)} \times 0.746}{3,960 \times \eta_{\text{Pump}}}$$

$$\text{BHP (kW)} = \frac{151 \text{ (Ft.H}_2\text{O)} \times 1,200 \text{ (GPM)} \times 0.746}{3,960 \times 81\%}$$

$$\text{BHP (kW)} = 42.1 \text{ kW}$$



การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 4

กรณีที่เราต้องการทราบประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนของเครื่องสูบน้ำด้วยนั้น สามารถทำได้โดยการวัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ (Input Power) ซึ่งในที่นี้หากเราวัดได้ 52 kW จะได้ว่ามอเตอร์มีประสิทธิภาพเท่ากับ

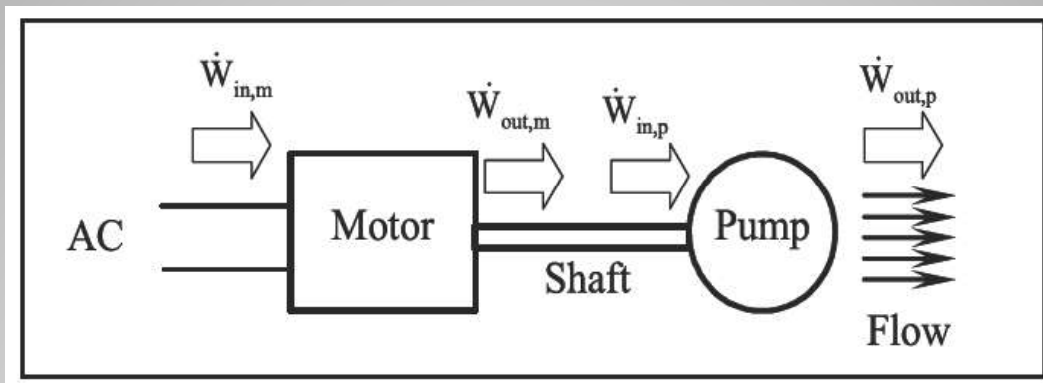
$$\eta_{\text{motor}} = \frac{\text{BHP (kW)} \times 100\%}{\text{Input Power (kW)}}$$

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{42.1 \text{ (kW)} \times 100\%}{52 \text{ (kW)}} = 80.96 \%$$



การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ขั้นตอนที่ 4



$$\eta_m = \frac{W_{\text{Out,m}}}{W_{\text{In,m}}}$$

$$\eta_p = \frac{W_{\text{Out,p}}}{W_{\text{In,p}}} = \frac{\left[\frac{\text{Head (Ft.H}_2\text{O)} \times Q \text{ (GPM)} \times 0.746}{3,960} \right]}{W_{\text{In,p}}}$$



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การดูแลและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม

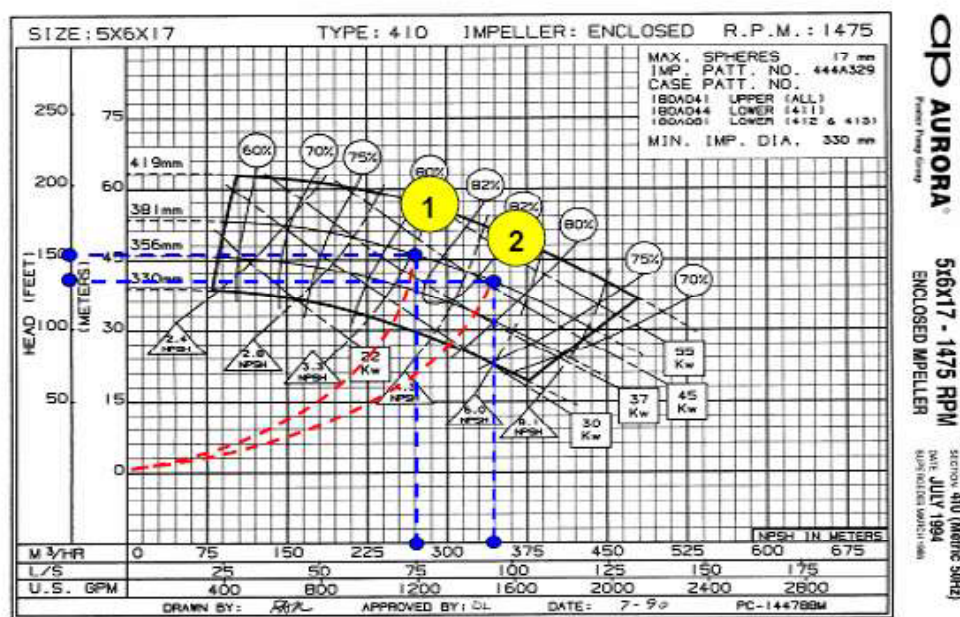
การตรวจสอบประจำทุก 6 เดือน หรือ 1 ปี

- การตรวจสอบชิ้นจุดต่างๆของระบบไฟฟ้า
- ตรวจสอบสายไฟควมคุมและสายกราวด์
- ตรวจสอบ Bearing ของชุดมอเตอร์และเครื่องสูบน้ำ
- ตรวจสอบระบบหล่อลื่น (อัดจาระบี, น้ำมัน)
- ตรวจสอบสภาพ Spring Isolator
- ตรวจสอบ/ขันสกรูยึดชิ้นส่วนต่างๆ
- ตรวจสอบปรับแต่งจัดให้สมดุล (Alignment)



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การออกแบบ ปรับแต่ง และใช้งานให้ตรงตามความต้องการ



จุดที่ 1 = จุดออกแบบ จุดที่ 2 = จุดใช้งานจริง (เพื่อเกิน)

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การหริ่วาล้ว

- จุดทำงานจริง (2)

อัตราการไหลของน้ำ	=	1,530	GPM
Head ของระบบ	=	130	ฟุตน้ำ
กำลังม้าเพลลา	=	45	BHP

- จุดออกแบบ (1) (หริ่วาล้ว)

อัตราการไหลของน้ำ	=	1,200	GPM
Head ของระบบ	=	151	ฟุตน้ำ
กำลังม้าเพลลา	=	42	BHP

กำลังม้าเพลลาที่ลดลง	=	3	BHP
----------------------	---	---	-----



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การหริ่วาล้ว

- ข้อดี

1. ไม่ต้องลงทุน ทำได้ทันที
2. ช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์



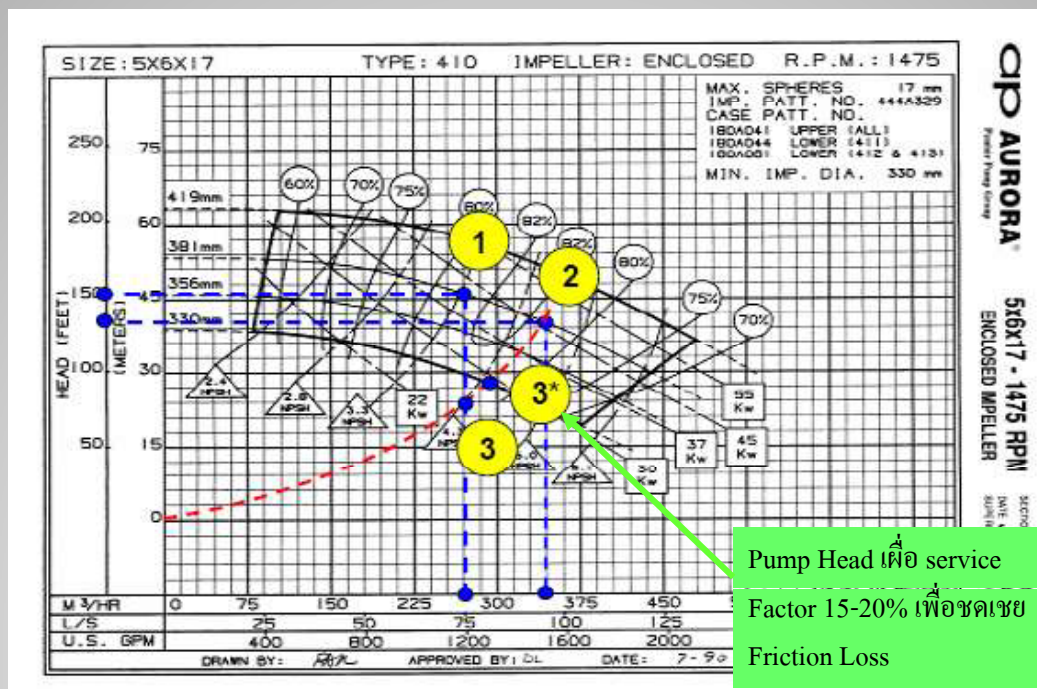
- ข้อเสีย

1. เพิ่มความเสียหายของระบบและอุปกรณ์
2. มีผลต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์ในระบบ
3. ขาดความแม่นยำในการปรับ (ในกรณีไม่มีเครื่องวัด)



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การออกแบบ ปรับแต่ง และใช้งานให้ตรงตามความต้องการ



จุดที่ 1 = จุดออกแบบ จุดที่ 2 = จุดใช้งานจริง (เพื่อเกิน) จุดที่ 3* = เจียรใบ

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การเจียรใบ

- จุดใช้งานจริง (เพื่อเกิน) (2) : ขนาดใบพัด Ø 381 มม.

อัตราการไหลของน้ำ = 1,530 GPM

Head ของระบบ = 130 ฟุตน้ำ

กำลังม้าเพลลา (BHP) = 45 kW

- จุดเจียรใบ (3*) : ขนาดใบพัด Ø 330 มม.

อัตราการไหลของน้ำ = 1,280 GPM

Head ของระบบ = 97 ฟุตน้ำ

กำลังม้าเพลลา (BHP) = 29.2 kW

กำลังม้าเพลลาที่ลดลง (BHP) = 15.8 kW

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การเจียรใบ

- ข้อดี

1. ลงทุนต่ำ (กรณีใช้โรงกลึงหรือช่างทั่วไป)
2. ช่วยลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้มากกว่าการหริ้วแล้ว

- ข้อเสีย

1. ไม่ยืดหยุ่น ถ้าแต่ละช่วงต้องการอัตราการไหลน้ำไม่เท่ากัน
2. อาจมีปัญหาภายหลังหากการเจียรใบผิดไม่ได้มาตรฐาน
3. อาจต้องเจียรทุกชุดถ้าเครื่องสูบน้ำต่อแบบขนาน
4. อาจถูกจำกัดด้วยลักษณะจำเพาะของเครื่องสูบน้ำรุ่นนั้นๆ



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ช่วยในการประหยัดพลังงาน



VSD (Variable Speed Drive) หรือ Inverter



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ช่วยในการประหยัดพลังงาน

Affinity' Law

$$\text{Flow Rate 2} = \text{Flow Rate 1} \times \left[\frac{\text{RPM 2}}{\text{RPM 1}} \right]$$

$$\text{Head 2} = \text{Head 1} \times \left[\frac{\text{RPM 2}}{\text{RPM 1}} \right]^2$$

$$\text{BHP 2} = \text{BHP 1} \times \left[\frac{\text{RPM 2}}{\text{RPM 1}} \right]^3$$



แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ช่วยในการประหยัดพลังงาน

จากค่าการออกแบบและค่าจุดใช้งานจริงสามารถคำนวณหาผลประหยัดเมื่อติดตั้ง VSD ได้ดังนี้

$$\text{BHP}_2 = \text{BHP}_1 \times \left[\frac{\text{Flow Rate}_2}{\text{Flow Rate}_1} \right]^3$$

$$\text{BHP}_2 = 45 \text{ kW} \times \left[\frac{1,200}{1,530} \right]^3 = 21.71 \text{ kW}$$

$$\text{กำลังม้าเพลาลูกกลิ้งที่ลดลง (BHP)} = (45 - 21.71) \text{ kW} = 23.3 \text{ kW}$$



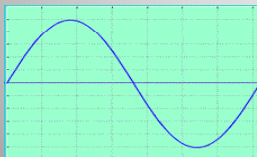
แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ช่วยในการประหยัดพลังงาน

หากต้องการทราบความถี่ใช้งานสามารถหาได้ ดังนี้

$$Hz_2 = Hz_1 \times \left[\frac{\text{Flow Rate}_2}{\text{Flow Rate}_1} \right]$$

$$Hz_2 = 50 \text{ Hz} \times \left[\frac{1,200}{1,530} \right] = 39.22 \text{ Hz}$$



ความถี่ใช้งานประมาณ = 40 Hz

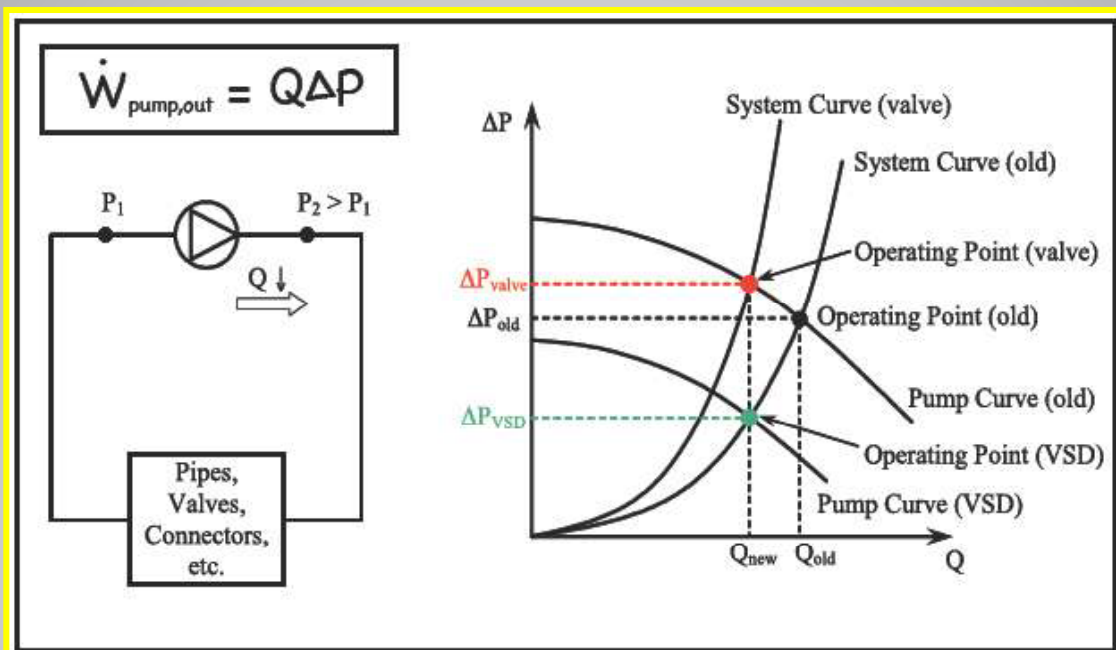


33

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

กราฟเปรียบเทียบจุดทำงาน



34

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ช่วยในการประหยัดพลังงาน

ข้อดี

- 1. มีความยืดหยุ่นในการ ลด-เพิ่ม อัตราการไหลของน้ำ
- 2. ช่วยลดกำลังไฟฟ้าได้มากตามกฎ Affinity Law
- 3. ไม่ต้องเพิ่มแรงเสียดทานให้กับระบบ

ข้อเสีย

- 1. ราคาค่อนข้างสูง
- 2. ไม่ควรใช้งานต่ำกว่า 30 Hz (ผลกระทบระบายความร้อน)
- 3. ถ้าเครื่องสูบน้ำต่อแบบขนาน ควรติดตั้ง VSD ทุกชุด
- 4. มีข้อจำกัดสำหรับระบบ **เปิด**

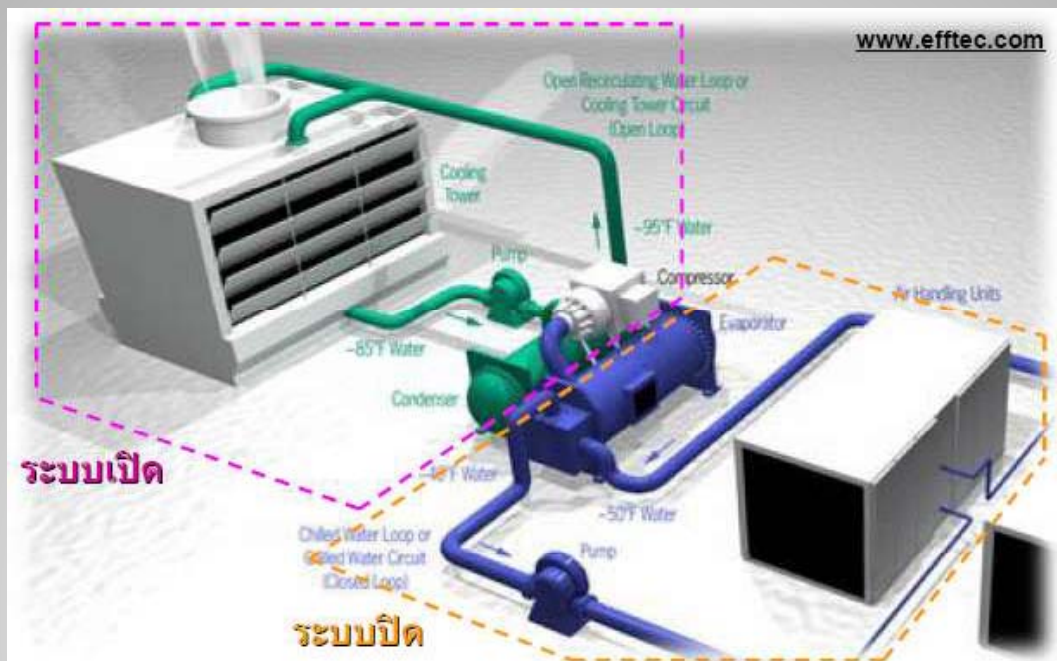


35

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ในปั๊มน้ำระบบเปิด

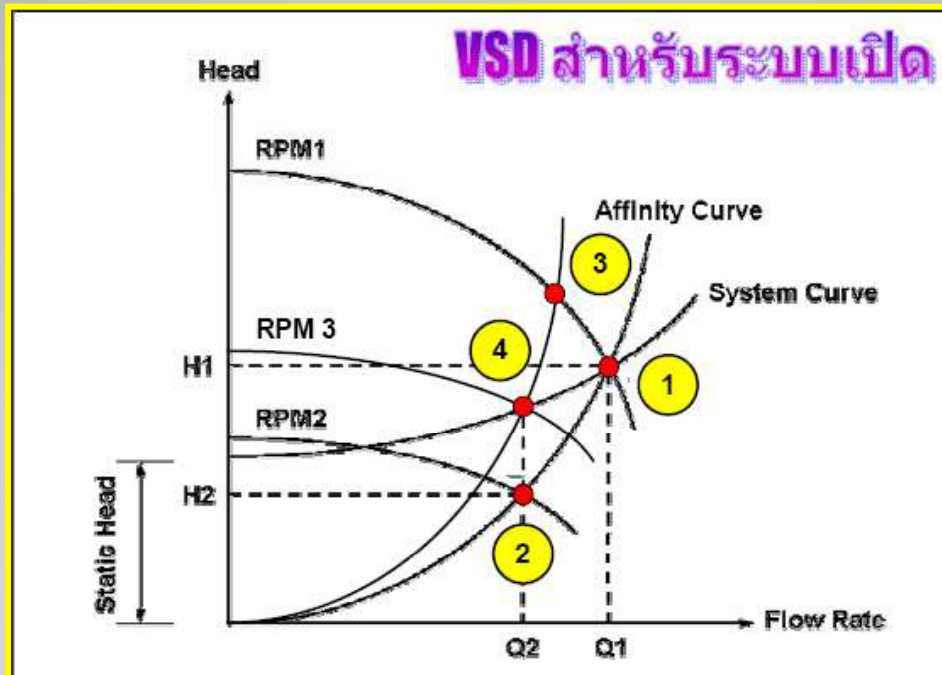


36

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ในปั๊มน้ำระบบเปิด



37

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ในเครื่องสูบน้ำระบบเปิด

ข้อสังเกต

- การลดความเร็วรอบจากจุดที่ 1 มายังจุดที่ 2 ในระบบเปิด ทำให้ Head เครื่องสูบน้ำต่ำกว่า Head ของระบบ เครื่องสูบน้ำจะไม่สามารถทำงานได้
- แก้ไขโดยการหรีวล้อจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 3 ก่อน เพื่อเพิ่ม Head ของเครื่องสูบน้ำ แล้วค่อยลดความเร็วรอบจากจุดที่ 3 มาจุดที่ 4
- ในทางปฏิบัติทำได้ค่อนข้างยาก ต้องใช้การตรวจวัด, คำนวณและ Commission ที่แม่นยำ หรือติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติเพิ่มเติม

38

MITR

แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องสูบน้ำ

การใช้ VSD ในเครื่องสูบน้ำระบบเปิด

แนวทางการปรับปรุง	kW Saving	Energy Saving (Baht/Yr)	Investment (Baht)	Payback (Month)
การหรีวาล์ว	3.0	64,080	-	-
การเจียรใบพัด	15.8	337,483	30,000	1
การใช้ VSD	23.3	497,682	350,000	8.5

หมายเหตุ - จำนวนชั่วโมงการใช้งาน 16 ชั่วโมง/วัน @ 360 วัน/ปี

- ประสิทธิภาพของมอเตอร์เท่ากับ 80.9%
- ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 บาท/kWh
- ราคา VSD อัจฉริยะที่พิกัดมอเตอร์ 55 kW + ค่าแรงติดตั้ง



ขอบคุณครับ
คำถามหรือข้อแนะนำ ?