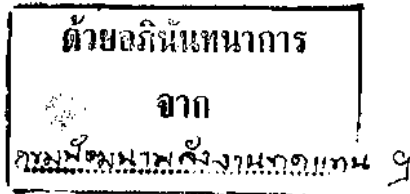


<b>1. บทนำ</b>		●
1.1 ทำไมวิธีการประหยัดจึงยังไม่ถูกนำไปปฏิบัติ		1
1.2 คู่มือเล่มนี้จะสามารถช่วยได้อย่างไร		1
<b>2. หลักการสูบน้ำเบื้องต้น</b>		●
2.1 ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูบน้ำ		2
2.1.1 ราคาของเครื่องสูบน้ำและมอเตอร์ไฟฟ้า		2
2.1.2 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน		2
<b>3. ปัญหาโดยทั่วไปของระบบสูบน้ำ ในเชิงอุตสาหกรรม</b>		●
3.1 การใช้น้ำที่มากเกินไปจนความจำเป็นในระบบระบายความร้อน		3
3.2 ปัญหาของการใช้เครื่องสูบน้ำหลายชุด		3
3.3 วิธีปรับความสมดุลของน้ำที่สิ้นเปลือง		3
3.4 เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดใหญ่เกินไป		3
3.5 การควบคุมเครื่องสูบน้ำด้วยการปรับวาล์วทำให้ระบบไม่มีประสิทธิภาพ		3
3.6 ไบพัสที่มีประสิทธิภาพต่ำ		4
3.7 เครื่องสูบน้ำที่ใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่เกินไป		4
3.8 การใช้เครื่องสูบน้ำที่ทำงานแบบขนานอย่างไม่ถูกต้อง		5
3.9 การสึกหรอของเครื่องสูบน้ำ		5
3.10 ข้อจำกัดที่ทางเข้าของเครื่องสูบน้ำ		6
3.11 การติดตั้งระบบท่อต่อกับเครื่องสูบน้ำไม่เหมาะสม		7
3.12 วาล์วป้องกันการไหลย้อนกลับขัดข้อง		7
3.13 ความเร็วของน้ำที่ไม่เหมาะสม		7
3.14 การขาดการวัด การติดตามตรวจสอบและการควบคุมอย่างเหมาะสม		8
3.15 การขาดการจัดเก็บเอกสารการใช้งานอย่างเหมาะสม		8
3.16 ข้อสรุป		8
<b>4. โอกาสในการประหยัดค่าใช้จ่าย</b>		●
4.1 การบำรุงรักษา		9
4.2 การปรับปรุงอุปกรณ์		9
4.2.1 การเคลือบผิวภายใน		9
4.2.2 การเปลี่ยนขนาดของไบพัส		10
4.2.3 การใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเล็กลง		11
4.2.4 มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง		11
4.3 การปรับปรุงการควบคุมเครื่องสูบน้ำ		12
4.3.1 การควบคุมแบบเดิน/หยุด		12
4.3.2 การควบคุมด้วยซอฟต์แวร์เทอร์		12
4.3.3 การปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ		12
4.4 การติดตามตรวจสอบ		13
4.4.1 การตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ		13
4.4.2 การติดตามตรวจวัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำ		14
4.4.3 การติดตามตรวจวัดการทำงานของระบบ		14
<b>5. กรณีศึกษา</b>		●
5.1 การลดการไหลเวียนของน้ำให้น้อยที่สุดในระบบการส่งจ่ายน้ำของโรงงาน		15
5.2 การหยุดเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 4 ในชุดเครื่องสูบน้ำสำหรับระบายความร้อน		15
5.3 การลดการเดินเครื่องสูบน้ำเพื่อชก้าง		16
5.4 การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบในระบบการส่งจ่ายน้ำ		16



5.5 การลดการสูบน้ำในปริมาณสูงอย่างต่อเนื่องสำหรับเครื่องระบายความร้อนแบบลามินาร์ในโรงงานเหล็กแผ่น	17
5.6 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำระบายความร้อนของแบบหล่อ	18
<b>6. แผนปฏิบัติการ</b>	<b>19</b>
6.1 ระบบการใช้น้ำเดิม	19
6.1.1 ค่าใช้จ่าย	19
6.1.2 การใช้น้ำ	19
6.1.3 ระบบ	19
6.1.4 เครื่องสูบน้ำและมอเตอร์	19
6.1.5 การวัดและการตรวจสอบติดตาม	19
6.1.6 การบำรุงรักษา	20
6.1.7 การฝึกอบรม	20
6.1.8 แผนงานเพื่อการประหยัดพลังงาน	20
6.2 การออกแบบระบบใช้น้ำใหม่	20
6.2.1 ค่าใช้จ่าย	20
6.2.2 การใช้น้ำ	20
6.2.3 ระบบ	20
6.2.4 เครื่องสูบน้ำและมอเตอร์	21
6.2.5 การวัดและการตรวจสอบติดตาม	21
6.2.6 การบำรุงรักษา	21
6.2.7 การฝึกอบรม	21
<b>7. บรรณานุกรม</b>	<b>22</b>
7.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำและการสูบน้ำ	22
7.2 เอกสารเผยแพร่ ในโครงการแนวทางการปฏิบัติงานที่ดีที่สุดเพื่อให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	22
7.3 เอกสารเผยแพร่ แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีที่สุดด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม	23
<b>8. อภิธานศัพท์</b>	<b>24</b>
<b>ภาคผนวก 1 ชนิดของเครื่องสูบน้ำ</b>	<b>24</b>
1.1 ชนิดของเครื่องสูบน้ำ	26
1.2 การเดินเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง	26
1.3 กราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	27
1.4 เครื่องสูบน้ำที่ทำงานร่วมกัน	28
1.4.1 การทำงานร่วมกันแบบอนุกรม	28
1.4.2 การทำงานร่วมกันโดยต่อแบบขนาน	29
1.5 การต่อเครื่องสูบน้ำกับระบบ	29
1.6 จุดทำงาน	30
1.7 แผ่นป้ายแสดงรายละเอียดของเครื่องสูบน้ำ	30
1.8 การทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำใหม่	31
1.9 ข้อสรุปของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้	31
<b>ภาคผนวก 2 สถานที่ติดต่อที่เป็นประโยชน์</b>	<b>32</b>
<b>ภาคผนวก 3 การประมาณการประหยัดพลังงานจากการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบให้เครื่องสูบน้ำ</b>	<b>33</b>

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1	แสดงผลอันเนื่องมาจากการใช้วาล์วควบคุมการไหลของเครื่องสูบน้ำ	4
รูปที่ 2	คุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของใบพัด	4
รูปที่ 3	การเดินเครื่องสูบน้ำเครื่องเดียวแบบขนาน	5
รูปที่ 4	การเดินเครื่องสูบน้ำ 2 เครื่องแบบขนาน	5
รูปที่ 5	เครื่องสูบน้ำหลายเครื่องที่ต่อแบบเรียงเป็นแนวขนานกัน	6
รูปที่ 6	ผลจากการสีกพรอที่มีต่อคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	6
รูปที่ 7	แนวโน้มการสีกพรอโดยเฉลี่ยของเครื่องสูบน้ำที่ได้รับการบำรุงรักษาเปรียบเทียบกับเครื่องสูบน้ำที่ขาดการบำรุงรักษา	7
รูปที่ 8	แผนภาพของเครื่องสูบน้ำ 3 เครื่องทำงานขนานกัน	7
รูปที่ 9	การซ่อมบำรุงที่มีผลต่อคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	9
รูปที่ 10	การเคลื่อนผิวที่มีผลต่อคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำใหม่	10
รูปที่ 11	ผลของการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดที่มีผลต่อคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	11
รูปที่ 12	ผลจากการใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเล็กลง	11
รูปที่ 13	การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐานและมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ที่ภาระต่างๆ	12
รูปที่ 14	การลดความเร็วที่มีผลต่อคุณลักษณะสมบัติต่างๆ ของเครื่องสูบน้ำ	12
รูปที่ 15	การเปลี่ยนแปลงความสูงของน้ำ อัตราการไหลและประสิทธิภาพกับความเร็วของเครื่องสูบน้ำ	13
รูปที่ 16	ผลของความดันสถิตยต์ต่อเครื่องสูบน้ำที่ลดความเร็วลง	13
รูปที่ 17	แผนภาพของระบบการสูบน้ำจากแหล่งน้ำเพื่อส่งจ่ายน้ำไปใช้ในโรงงาน	15
รูปที่ 18	ลักษณะเฉพาะของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานขนานกัน 4 เครื่องเพื่อระบายความร้อน	16
รูปที่ 19	การใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบควบคุมการส่งจ่ายน้ำ	17
รูปที่ 20	แผนภาพของระบบเครื่องระบายความร้อนแบบลามินาร์ในโรงงานเหล็กหล่อ	18
รูปที่ 21	ตัวอย่างของการประหยัดพลังงานด้วยการควบคุมแบบเดิน/หยุด	18
รูปที่ 22	ตัวอย่างของการประหยัดพลังงานจากการควบคุมแบบเดิน/หยุดและการควบคุมความเร็วรอบ	18
รูปที่ 23	ชนิดของเครื่องสูบน้ำ	26
รูปที่ 24	เครื่องสูบน้ำหอยโข่งแบบขั้นเดียวที่โครงสร้างสามารถแยกได้ตามแนวนอนและมีทางเข้า 2 ทาง	27
รูปที่ 25	เครื่องสูบน้ำแบบ 2 ชั้นตอน มีเปลือกหุ้มสามารถแยกได้ตามแกน	27
รูปที่ 26	เครื่องสูบน้ำหอยโข่งแบบหลายชั้น	27
รูปที่ 27	คุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง	28
รูปที่ 28	ตัวอย่างอธิบาย NPSH <sub>A</sub>	29
รูปที่ 29	ผลเสียจากการเดินเครื่องของเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการไหลต่ำกว่าอัตราการไหลที่ประสิทธิภาพสูงสุด	29
รูปที่ 30	คุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำที่ต่อรวมกันแบบอนุกรม	29
รูปที่ 31	คุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำที่ต่อกันแบบขนาน	30
รูปที่ 32	ความต้านทานของระบบเนื่องจากความเสียดทานอย่างเคียว	30
รูปที่ 33	ความต้านทานของระบบที่เกิดจากการรวมกันของความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานรวมกับความสูญเสียของความดันสถิตยต์	30
รูปที่ 34	ความต้านทานของระบบและคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำ	31
รูปที่ 35	แผนภาพอธิบายความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ณ ค่าที่รับรองโดยการทดสอบ Class C	31
รูปที่ 36	ตัวอย่างคุณลักษณะสมบัติของเครื่องสูบน้ำที่อัตราการไหล สักส่วนความดันสถิตยต์และความเร็วรอบต่างๆ	33
รูปที่ 37	ตัวอย่างความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับภาระไหล	34
รูปที่ 38	กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับอัตราการไหลต่างๆ ได้มาจากรูปที่ 36 และ 37	34
รูปที่ 39	การประหยัดกำลังไฟฟ้าโดยการควบคุมความถี่เปรียบเทียบกับควบคุมการไหล ที่ได้จากรูป 38	34
รูปที่ 40	ตัวอย่างการเดินเครื่องของเครื่องสูบน้ำ	35

# คำนำ

ในสภาวะปัจจุบันรูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นผลเหตุให้อัตรการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน การลงทุนของทุกประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอและเหมาะสม นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจากการใช้พลังงานจำนวนมหาศาล ดังกล่าวด้วย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะ เพื่อเสริมรากฐานในการปฏิบัติงานตามอำนาจหน้าที่ ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยมีกองฝึกอบรมเป็นหน่วยงานหนึ่งที่สนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานภายใต้แผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศ เพื่อทำหน้าที่ฝึกอบรม พัฒนาความรู้ด้านการจัดการและเทคโนโลยีด้านพลังงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การสนับสนุน ส่งเสริม ให้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการประหยัดพลังงาน เพื่อให้มีการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเห็นว่า หากได้นำแนวทางการปฏิบัติงานที่ดีที่สุดในด้านประสิทธิภาพพลังงานที่ได้รับการร่วมมือจาก Department of Environment Transportation Regions ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งให้การสนับสนุนภายใต้โครงการ Energy Efficiency Best Practice Programme

## เรื่อง Energy Savings in Industrial Water Pumping Systems

ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ดี ในการที่จะเสริมสร้างประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากร และเพิ่มศักยภาพของบุคลากรได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงได้จัดทำเอกสารดังกล่าวมาเรียบเรียงเป็นภาษาไทยเพื่อเผยแพร่แก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานขอขอบคุณ Department of Environment Transportation Regions ประเทศสหรัฐอเมริกาและคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการจัดทำ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่าน ในฐานะเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน สมตามเจตนารมณ์ของการจัดทำคู่มือนี้

เลขหมู่ 333.79  
พ 113  
ค 16  
เลขทะเบียน 16726  
วันที่ 2 ๕ พ.ค. 2552

๑๒๕๖๓

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน  
กระทรวงพลังงาน

ด้วยอภินิทนาการ  
จาก  
ประจวบ พลังงาน

25 พ.ค. 2552

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE  
สำนักงานมาตรฐาน กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110008555