แนวทางการประเมินอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม 2550) มีภารกิจกำกับ ดูแล และส่งเสริมให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมปฏิบัติตามกฎหมาย เพื่อให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงส่งเสริมและกำกับดูแลด้านการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 ที่มีกลยุทธ์เชิงยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนนโยบายและการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน แบ่งออกเป็น 3 ภาคส่วน คือ ภาคบังคับ ภาคความร่วมมือ และภาคสนับสนุน ซึ่งตามแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 มีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายลง 51,700 ktoe โดยแบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้า 7,641 ktoe และพลังงานความร้อน 44,059 ktoe ในปี 2579

จากแผนอนุรักษ์พลังงานดังกล่าว การประเมินศักยภาพที่มีความเหมาะสมและถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรม จะช่วยพัฒนาการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมได้ดียิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้อย่างมากและต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการผลิตและการบริการ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ และภาพรวมการใช้พลังงานเพื่อนำไปสู่การประเมินการใช้พลังงานในระดับองค์กร ระดับผลิตภัณฑ์ โดยมีวิธีการกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

ดังนั้น การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานให้เข้มข้นขึ้น มีขั้นตอนที่ชัดเจน มีเกณฑ์ระดับการใช้พลังงานของเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการจัดการในโรงงานควบคุมภายใต้ระบบการจัดการพลังงานตามกฎหมาย ซึ่งจะนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม และมีความยั่งยืน เกิดการพัฒนาสู่การยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานภาคอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ซึ่งสามารถนำไปผลักดันให้เกิดการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานช่วยสนับสนุนการลดใช้พลังงานความร้อนได้จำนวนมาก

แนวทางการประเมินที่ทำให้ทราบนัยสำคัญของการใช้พลังงานทั้งในระดับองค์กร ระดับผลิตภัณฑ์ และระดับเครื่องจักรอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับสถานภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสม

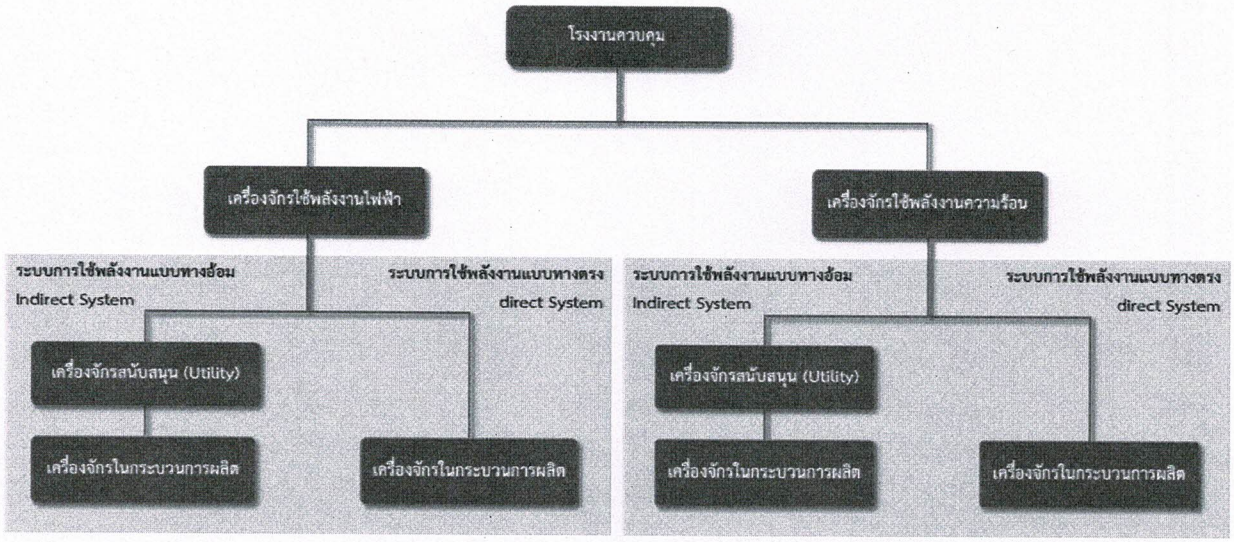
การจัดทำมาตรฐานการประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญของโรงงานควบคุม ประเภทอุตสาหกรรมอาหาร จะส่งผลให้ทางโรงงานควบคุมเกิดการตระหนักรู้ถึงความสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน โดยมุ่งเน้นไปยังกระบวนการและอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงว่ามีการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่า และพัฒนามาตรฐานการประเมินเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีนัยสำคัญของโรงงานควบคุมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ตามประกาศกระทรวง หมวด 1 ข้อ 3 (3) กำหนดให้มีการ “ให้ประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญของแต่ละอุปกรณ์หลัก” และ “วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานในแต่ละอุปกรณ์”

แสดงถึงการทำการจัดการพลังงานต้องประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญของแต่ละอุปกรณ์หลัก โดยการประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญให้พิจารณาปัจจัยหลักในการประเมิน ได้แก่ ขนาดการใช้พลังงาน ชั่วโมงการใช้งาน และศักยภาพในการปรับปรุงของแต่ละอุปกรณ์หลัก เพื่อที่จะทำให้ได้ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอุปกรณ์หลัก และนำไปกำหนดเป็นมาตรการและแผนการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

ดังนั้นในมาตรฐานนี้ อุปกรณ์หลัก (หมายถึง เครื่องจักรอุปกรณ์จำนวน 1 เครื่อง หรือกลุ่มเครื่องจักรอุปกรณ์จำนวนหลายเครื่องรวมกันที่ใช้งานเป็นหลักในโรงงาน/อาคาร มีการใช้งานเป็นประจำ มีสัดส่วนการใช้พลังงานที่สูง เมื่อเทียบกับระบบที่เครื่องจักรอุปกรณ์นั้นทำงานอยู่ โดยการพิจารณาการเป็นอุปกรณ์หลักให้ประเมินจากปัจจัยการใช้พลังงานร่วมกับชั่วโมงการใช้งานต่อปีของแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลักทั้งหมด ควรจะมีการใช้พลังงานสัดส่วนที่สูงในระดับมากกว่า 50% ของการใช้พลังงานของแต่ละระบบนั้นๆ

การประเมินสัดส่วนการใช้พลังงานเครื่องจักรหลักของโรงงานควบคุมมาตรฐานนี้จะพิจารณาการแบ่งประเภทเครื่องจักรตามโครงสร้างการใช้พลังงาน ที่แบ่งออก 2 ระดับ คือ ระดับแรกแบ่งตามชนิดพลังงาน และระดับที่สองแบ่งตามลักษณะการใช้งาน



ระดับที่ 1 แบ่งตามชนิดพลังงาน

ระดับนี้เป็นการแบ่งตามชนิดการใช้พลังงานหลักของระบบ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน

ดังนั้นในการพิจารณาประสิทธิภาพเครื่องจักร แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1) เครื่องจักรที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นเครื่องอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก

2) เครื่องจักรที่มีการใช้พลังงานความร้อน เป็นเครื่องอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้พลังงานความร้อนเป็นหลัก

ระดับที่ 2 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

รูปแบบที่ 1 การแบ่งตามระบบการทำงานทางวิศวกรรม ได้แก่ ด้านไฟฟ้า ด้านความร้อน

รูปแบบที่ 2 การแบ่งตามรูปแบบการทำงาน ได้แก่ เครื่องจักรการผลิต เครื่องจักรสนับสนุน

ตัวอย่างการประเมินการใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า

รายการเครื่องจักรอุปกรณ์ (Machine List)			ชนิดพลังงาน	พิกัด		เวลาใช้งานเฉลี่ย	ภาระงาน (Load)		พลังไฟฟ้าเฉลี่ย	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	สัดส่วนพลังงานในระบบ
ระบบ	ชนิด เครื่องจักร/อุปกรณ์	ชื่อ เครื่องจักร/อุปกรณ์		ขนาด	หน่วย	(ชม./ปี)	ปริมาณ	หน่วย	หรือเทียบเท่า (kW)	(kWh/ปี)	(%)
เครื่องจักรอุปกรณ์ในระบบสนับสนุน(Utility)											
ระบบอากาศอัด	ส่วนผลิต รวม		ไฟฟ้า							583,920	100%
	เครื่องอัดอากาศ	AC-1	ไฟฟ้า	37	kW	3,600	5.61	Nm3/min	20.80	74,880	13%
	เครื่องอัดอากาศ	AC-2	ไฟฟ้า	75	kW	7,200	10.42	Nm3/min	36.50	262,800	45%
	เครื่องอัดอากาศ	AC-3	ไฟฟ้า	75	kW	7,200	10.42	Nm3/min	34.20	246,240	42%
ระบบอากาศปรับขนาดเล็ก	รวม		ไฟฟ้า							21,674	100%
	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	AC-ST-1	ไฟฟ้า	36,000	Btu/hr	2,640	50	m2	4.20	11,088	51%
	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	AC-ST-2	ไฟฟ้า	24,000	Btu/hr	2,640	30	m2	4.01	10,586	49%
ระบบแสงสว่าง	รวม		ไฟฟ้า							318,194	100%
	หลอดฟลูออเรสเซนต์	FL-T8	ไฟฟ้า	36	W	2,640	3,348	หลอด	120.53	318,194	100%
เครื่องจักรอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต(Process)											
ระบบอากาศอัด	ส่วนส่งจ่าย รวม		อากาศอัด							568,695	100%
	ท่อส่งอากาศอัด	ท่อส่งอากาศอัด	อากาศอัด	-	-	8,400	25.75	Nm3/min	67.70	568,695	100%
ระบบอากาศอัด	ส่วนใช้ รวม		อากาศอัด							568,695	100%
	อุปกรณ์เป่าลม	หัวเป่าลูก 1	อากาศอัด	4	mm.Dia.	2,640	1.22	Nm3/min	3.21	26,944	5%
	เติมอากาศ	ถังหมัก 1	อากาศอัด	30	m3	8,400	18.64	Nm3/min	49.01	411,669	72%
	เติมอากาศ	ถังหมัก 2	อากาศอัด	20	m3	7,200	5.89	Nm3/min	15.49	130,082	23%
ระบบกระบวนการผลิต	รวม									1,921,706	100%
	เครื่องอัดเม็ด	Extuder 1	ไฟฟ้า	100	kW	1,980	10	ton/hr	78.61	155,648	8%
	เครื่องอัดเม็ด	Extuder 2	ไฟฟ้า	200	kW	1,980	20	ton/hr	156.34	309,553	16%
	เครื่องอัดเม็ด	Extuder 3	ไฟฟ้า	300	kW	3,600	30	ton/hr	227.36	818,496	43%
	สายพานลำเลียง	Conveyer	ไฟฟ้า	18	kW	2,640	30	ton/hr	241.67	638,009	33%
รวมพลังงานไฟฟ้า			ไฟฟ้า							2,845,494	
รวมพลังงานอากาศอัด			อากาศอัด							568,695	

ตัวอย่างการประเมินการใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า

รายการเครื่องจักรอุปกรณ์ (Machine List)			ชนิดพลังงาน	พิกัด		เวลาใช้งานเฉลี่ย	ภาระงาน (Load)		อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ย	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า	สัดส่วนพลังงานในระบบ
ระบบ	ชนิด เครื่องจักร/อุปกรณ์	ชื่อ เครื่องจักร/อุปกรณ์		ขนาด	หน่วย	(ชม./ปี)	ปริมาณ	หน่วย	(MJ/hr)	(MJ/ปี)	(%)
เครื่องจักรอุปกรณ์ในระบบสนับสนุน(Utility)											
ระบบไอน้ำ	ส่วนผลิต รวม		ถ่านหิน							960,041,160	100%
	หม้อน้ำ	Boiler-1	ถ่านหิน	10	ton/hr	980	8.50	ton/hr	35,802.00	35,085,960	4%
	หม้อน้ำ	Boiler-2	ถ่านหิน	20	ton/hr	7,200	16.00	ton/hr	67,392.00	485,222,400	51%
	หม้อน้ำ	Boiler-3	ถ่านหิน	20	ton/hr	7,200	14.50	ton/hr	61,074.00	439,732,800	46%
เครื่องจักรอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต(Process)											
ระบบไอน้ำ	ส่วนส่งจ่าย รวม		ไอน้ำ							960,041,160	100%
	ท่อส่งไอน้ำ	ท่อส่งไอน้ำ	ไอน้ำ	-	-	8,400	26.73	Nm3/min	114,290.61	960,041,160	100%
ระบบไอน้ำ	ส่วนใช้ รวม		ไอน้ำ							947,711,664	100%
	พ่นฆ่าเชื้อ	ถังหมัก 1	ไอน้ำ	30	m3	8,400	1.35	tonไอน้ำ/hr	3,645.00	30,618,000	3%
	พ่นฆ่าเชื้อ	ถังหมัก 2	ไอน้ำ	20	m3	7,200	0.78	tonไอน้ำ/hr	2,106.00	15,163,200	2%
	ตู้อบลมร้อน	ตู้อบแห้ง 1	ไอน้ำ	30	tonวัตถุดิบ/hr	5,520	24.60	ton/hr	54,464.40	300,643,488	32%
	ตู้อบลมร้อน	ตู้อบแห้ง 2	ไอน้ำ	30	tonวัตถุดิบ/hr	5,520	24.60	ton/hr	54,464.40	300,643,488	32%
	ตู้อบลมร้อน	ตู้อบแห้ง 3	ไอน้ำ	30	tonวัตถุดิบ/hr	5,520	24.60	ton/hr	54,464.40	300,643,488	32%
เตาทอด	รวม		LPG							4,296,240	100%
	เตาทอดวัตถุดิบ	หม้อทอด 1	LPG	500	kg	1,980	380	kg/hr	918.00	1,817,640	42%
	เตาทอดวัตถุดิบ	หม้อทอด 2	LPG	500	kg	1,980	380	kg/hr	918.00	1,817,640	42%
	เตาทอดวัตถุดิบ	หม้อทอด 3	LPG	500	kg	720	380	kg/hr	918.00	660,960	15%
รวมพลังงานเชื้อเพลิง			ถ่านหิน							960,041,160	
			LPG							4,296,240	
รวมพลังงานเชื้อเพลิง			รวม							964,337,400	
รวมพลังงานไอน้ำ			ไอน้ำ							947,711,664	

การพิจารณาเครื่องมือวัด และทำการเลือกรูปแบบประสิทธิภาพที่จะทำการประเมินอุปกรณ์หลักที่ได้จากขั้นตอนที่ผ่านมาให้สอดคล้องกับเครื่องมือวัดที่มีอยู่ของโรงงาน มาตรฐานนี้กำหนดดัชนีประสิทธิภาพเป็น 3 รูปแบบ ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ได้แก่

รูปแบบที่ 1 ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

รูปแบบที่ 2 ค่าสมรรถนะ

รูปแบบที่ 3 ค่าการสูญเสียพลังงาน

ทั้งนี้โรงงานมีความพร้อมและข้อจำกัดในการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรอุปกรณ์จะทำการแบ่งระดับของการประเมินตามความพร้อมของเครื่องมือวัดว่าโรงงานมือเครื่องมือที่สามารถวัดได้อยู่ในระดับใด ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้

Class 1 มีเครื่องมือวัดที่สามารถวัดปัจจัยสำหรับประเมินได้ครบถ้วน

Class 2 มีเครื่องมือวัดบางส่วน ต้องมีการสมมติปัจจัยบางค่าเพื่อประเมินประสิทธิภาพ หรือสามารถประเมินค่าสมรรถนะด้านพลังงานได้

Class 3 มีเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ปัจจัยเดียว ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นได้

Class 4 ไม่มีเครื่องมือวัดเลย วัดประสิทธิภาพไม่ได้

ตัวอย่างแนวทางวิธีการคำนวณวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

เครื่องอัดอากาศ

วิธีที่	รูปแบบ	หน่วย	Class
1	ประสิทธิภาพ	%	1
2	สมรรถนะ	kW/(m3/min)	2
3	สมรรถนะ	kW/(m3/min)	2
4	สมรรถนะ	kW/(m3/min)	2
5	การสูญเสีย	%	3

วิธีที่ 1

เครื่องจักร	เครื่องอัดอากาศ
ดัชนี	รูปแบบที่ 1 : ค่าประสิทธิภาพ (ร้อยละการใช้ประโยชน์ของพลังงานที่เข้าเครื่องจักร) หน่วย : %
ระดับ (Class)	1
วิธี (Method)	1
หลักการประเมิน	1. ประเมินปริมาณพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) • พลังไฟฟ้า (kW) ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. ประเมินปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kW) • ความดันอากาศอัดก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ (Bar) • ความดันหลังจากอัดให้ความดันสูงขึ้น (Bar) • ปริมาณลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ (m3/min) 3. ประเมินค่าประสิทธิภาพจากสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) เทียบกับ พลังงานที่ใช้ในการอัดอากาศ (kW) ที่ 20 °C
เครื่องมือวัด	1. เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Power Meter) 2. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) 3. เกจวัดความดันอากาศ (Pressure Gauge) 4. เครื่องวัดอุณภูมิอากาศ 5. เครื่องมือวัดระยะ (ตลับเมตร หรือ อื่นๆ)
วิธีการวัด	1. วัดพลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ 2. ความดันอากาศอัดก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 3. ความดันหลังจากอัดให้ความดันสูงขึ้น 4. ปริมาณลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ 5. วัดอุณหภูมิอากาศขาเข้า
วิธีการคำนวณ	ประเมินค่าประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ

	รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย
ค่าตรวจวัด			
1	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ	Po	kW
2	ความดันอากาศอัดก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ	P.air1	Bar.g
3	ความดันหลังจากอัดให้ความดันสูงขึ้น	P.air2	Bar.g
4	ปริมาณลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ	Vo.air1	m^3/min
5	อุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ	T.air1	°C
ค่าอ้างอิง			
1	อัตราส่วนความร้อนจำเพาะสำหรับอากาศ (=1.4)	K	
การคำนวณ			
1	ค่าประสิทธิภาพ Eff. =1.67 * (K / (K-1)) * [(P.air1+1.013) * Vo.air1 *(293/(T.air1+273)] * [(P.air2 + 1.013)/(P.air1+1.013))^((K-1)/K) - 1)] *100 / Po	Eff. Air Comp.	%

วิธีที่ 2

เครื่องจักร	เครื่องอัดอากาศ
ดัชนี	รูปแบบที่ 2 : ค่าสมรรถนะ (พลังงานเข้าระบบ/ปริมาณอากาศที่อัดได้) หน่วย : kW/(m^3/min)
ระดับ (Class)	2
วิธี (Method)	1
หลักการประเมิน	1. ประเมินปริมาณพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) • พลังไฟฟ้า (kW) ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. ประเมินการส่งอากาศอิสระของเครื่องอัดอากาศ (Free Air Delivery) • ปริมาณลมที่ออกจากเครื่องอัดอากาศ (m3/min) 3. ประเมินค่าสมรรถนะจากสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) เทียบกับการส่งอากาศอิสระของเครื่องอัดอากาศ (m^3/min)
เครื่องมือวัด	1. เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Power Meter) 2. เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศอัด (Air Flow Meter)
วิธีการวัด	1. วัดพลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ 2. วัดปริมาณลมอัดที่ผลิตได้ของเครื่องอัดอากาศ 3. วัดค่าความดันอากาศขณะที่ทดสอบ 4. อุณหภูมิอากาศขณะทดสอบ
วิธีการคำนวณ	ประเมินค่าสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ

	รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย
ค่าตรวจวัด			
1	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ	Po	kW
2	ปริมาณลมอัดที่ผลิตได้	Vo.air	m^3/min
3	ความดันอากาศขณะที่ทดสอบ	P.air1	Barg
4	อุณหภูมิอากาศขณะทดสอบ	T.air	^oC
ค่าอ้างอิง			
1	อ้างอิงอากาศมาตรฐาน ที่ 20 OC ความดัน 1 บรรยากาศ = 1.013 bar ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % มีความหนาแน่น 1.2 kg/m3 ที่มา : ASME และ CAGI ส่วน ANSI ใช้ ISO 1217	K	
การคำนวณ			
1	อัตราการจ่ายอากาศที่อุณหภูมิทดสอบ FAD_{test} = [(P.air1+1.013)/1.013] * Vo.air	FAD_{test}	m^3/min

วิธีที่ 3

<table>
<tr><td>เครื่องจักร</td><td>เครื่องอัดอากาศ</td></tr>
<tr><td>ดัชนี</td><td>รูปแบบที่ 2 : ค่าสมรรถนะ (พลังงานเข้าระบบ/ปริมาณอากาศที่อัดได้)
หน่วย : kW/(m^3/min)</td></tr>
<tr><td>ระดับ (Class)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>วิธี (Method)</td><td>2</td></tr>
<tr><td>หลักการประเมิน</td><td>1. ประเมินปริมาณพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW)
• พลังไฟฟ้า (kW) ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ
2. ประเมินปริมาณอัดอากาศที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ (m^3/min)
• ความเร็วลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ (m/s)
• พื้นที่หน้าตัดท่อลมที่เข้าเครื่องอัดอากาศ (m2)
3. ประเมินค่าสมรรถนะจากสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) เทียบกับปริมาณลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ (m^3/min)</td></tr>
<tr><td>เครื่องมือวัด</td><td>1. เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Power Meter)
2. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)
3. เครื่องมือวัดระยะ (ตลับเมตร หรือ อื่นๆ)วัดระยะ</td></tr>
<tr><td>วิธีการวัด</td><td>1. วัดพลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ
2. วัดความเร็วลมที่เข้าสู่เครื่องอัดอากาศ
3. วัดขนาดท่อลมเข้าสู่เครื่องอัดอากาศ</td></tr>
<tr><td>วิธีการคำนวณ</td><td>ประเมินค่าสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ
<table>
<tr><th colspan="2">รายการ</th><th>สัญลักษณ์</th><th>หน่วย</th></tr>
<tr><td colspan="4">ค่าตรวจวัด</td></tr>
<tr><td>1</td><td>พลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ</td><td>Po</td><td>kW</td></tr>
<tr><td>2</td><td>ความเร็วลม</td><td>v</td><td>m/s</td></tr>
<tr><td>3</td><td>พื้นที่หน้าตัดท่อลม</td><td>A</td><td>m^2</td></tr>
<tr><td colspan="4">ค่าอ้างอิง</td></tr>
<tr><td>1</td><td>ความดันอากาศอัดที่พิกัดอ้างอิง</td><td>P.air1</td><td>Barg</td></tr>
<tr><td colspan="4">การคำนวณ</td></tr>
<tr><td>1</td><td>ค่าสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ
SEC = Po / (A * v * 60)</td><td>SEC</td><td>kW/(m^3/min)</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

วิธีที่ 4

เครื่องจักร	เครื่องอัดอากาศ
ดัชนี	รูปแบบที่ 2 : ค่าสมรรถนะ (พลังงานเข้าระบบ/ปริมาณอากาศที่อัดได้) หน่วย : kW/(m^3/min)
ระดับ (Class)	2
วิธี (Method)	3
หลักการประเมิน	1. ประเมินปริมาณพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) • พลังไฟฟ้า (kW) ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. ประเมินการส่งอากาศอิสระของเครื่องอัดอากาศ (Free Air Delivery) • เวลาที่อัดลมที่เข้าสู่ถังลม (sec) • ขนาดปริมาตรของถังลมและท่อลมที่ทดสอบ (m^3) • ความดันของอากาศอัดในถังลม (Barg) 3. ประเมินค่าสมรรถนะจากสัดส่วนของพลังงานไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) เทียบกับปริมาณลมที่อัดได้ในถังลม (m^3/min)
เครื่องมือวัด	1. เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Power Meter) 2. นาฬิกาจับเวลา 3. เครื่องมือวัดระยะ (ตลับเมตร หรือ อื่นๆ)วัดขนาดปริมาตรของถังลมและท่อลม 4. เกจวัดความดันลมในถังลม 5. เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ
วิธีการวัด	1. วัดพลังไฟฟ้า (P) ที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ 2. บันทึกอุณหภูมิบรรยากาศในห้องขณะทดสอบ (T) 3. ใช้ตลับเมตรวัดขนาดและคำนวณปริมาตรถังเก็บอากาศอัด (V_{tank}) และปริมาตรท่อจากเครื่องอัดอากาศถึงถังเก็บอากาศอัดที่ทดสอบ (V_{pipe}) 4. หยุดการทำงานของเครื่องอัดอากาศ 5. ปิดวาล์วที่ออกจากถังเก็บอากาศอัดทุกตัว เปิดวาล์วเข้าถังเก็บอากาศอัด 6. ระบายอากาศอัดออกจากถังเก็บอากาศอัดผ่านวาล์วระบายที่ถังจนความดันลดลงถึงระดับที่ต้องการ ปิดวาล์วระบายอ่านค่าความดันที่มาตรวัดความดันที่ถังเก็บอากาศอัด บันทึกค่าเป็น (P1) 7. เริ่มเดินเครื่องและเริ่มจับเวลา 8. รอจนกระทั่งความดันในถังเก็บอากาศอัดมีความดันที่ต้องการบันทึกความดันเป็น P2 และเวลาที่ใช้เป็น t
วิธีการคำนวณ	ประเมินค่าสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ

	รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย
	ค่าตรวจวัด		
1	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ	Po	kW
2	อุณหภูมิบรรยากาศในห้องขณะทดสอบ	T.am	°C
3	ปริมาตรท่อจากเครื่องถึงถังเก็บ	V_{pipe}	m^3
4	ปริมาตรถังเก็บอากาศอัด	V_{tank}	m^3
5	ความดันในถังถึงความดันเริ่มต้น	P.ca1	Barg

	6	ความดันสุดท้าย (P2) (ที่อุณหภูมิอากาศเติม)	P.ca2	Barg
	7	เวลาเฉลี่ยการอัดอากาศในการทดสอบ	t	sec
	การคำนวณ			
	1	อัตราการจ่ายอากาศที่อุณหภูมิทดสอบ FAD_{test} = (P.ca2-P.ca1) *60 * (V_{pipe} + V_{tank}) / (1.013 * t)	FAD_{test}	m^3/min
	2	ค่า FAD ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน FAD = FAD_{test} * 293 / (T.am + 273)	FAD	m^3/min
	3	ค่าสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ SEC = Po/ FAD	SEC	$kW/m^3/min$

วิธีที่ 5

เครื่องจักร	เครื่องอัดอากาศ
ดัชนี	รูปแบบที่ 3 : ค่าการสูญเสีย (การสูญเสียเบื้องต้น) หน่วย : %
ระดับ (Class)	3
วิธี (Method)	1
หลักการประเมิน	1. ประเมินปริมาณพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW) • พลังไฟฟ้า (kW) ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. ประเมินความสูญเสียในรูปแบบการระบายความร้อนที่แผงระบายความร้อน • อุณหภูมิเข้าเครื่องแผงระบายความร้อนของเครื่องอัดอากาศ • อุณหภูมิออกจากเครื่องแผงระบายความร้อนของเครื่องอัดอากาศ • ความเร็วลมที่แผงระบายความร้อน 3. ประเมินการสูญเสียจากความสูญเสียในรูปแบบการระบายความร้อนที่แผงระบายความร้อนเทียบกับพลังไฟฟ้าขาเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW)
เครื่องมือวัด	1. เครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้า (Power Meter) 2. เครื่องมือวัดระยะ (ตลับเมตร หรือ อื่นๆ)วัดขนาดแผงระบายความร้อน 3. เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ 4. เครื่องวัดความเร็วลม 5. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์
วิธีการวัด	1. วัดพลังไฟฟ้า (P) ที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ 2. บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศที่เข้าสู่แผงระบายความร้อน 3. บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศที่ออกจากแผงระบายความร้อน 4. ใช้ตลับเมตรวัดขนาดแผงระบายความร้อนของเครื่องอัดอากาศ 5. วัดค่าความเร็วลมที่ออกจากแผงระบายความร้อน 6. นำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของอากาศที่เข้าสู่แผงระบายความร้อนในข้อ 2หาค่าเอนทาลปีอากาศที่เข้าสู่แผง (h_{in}) ใน Psychrometric Chart

	7. นำค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ออกจากแผงระบายความร้อนในข้อ 3 หาค่าเอนทาลปี และ ปริมาตรจำเพาะอากาศที่ออกจากแผง (ϑ) อากาศที่ออกจากแผง (h_{out}) ใน Psychrometric Chart
วิธีการคำนวณ	ประเมินค่าความสูญเสีย

รายการ		สัญลักษณ์	หน่วย
ค่าตรวจวัด			
1	พลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอัดอากาศ	Po	kW
2	อุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่แผงระบายความร้อน	T_{in}	°C
3	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่เข้าสู่แผงระบายความร้อน	RH_{in}	%
4	อุณหภูมิอากาศที่ออกจากแผงระบายความร้อน	$T.air_{out}$	°C
5	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่ออกจากแผงระบายความร้อน	RH_{out}	%
6	ขนาดพื้นที่ลมออกจากแผงระบายความร้อน	A	m^2
7	ความเร็วลมที่ออกจากแผงระบายความร้อน	vout	m/s
ค่าอ้างอิง			
1	ความหนาแน่นของอากาศที่ $T.air_{out}$	d	m^3/kg
2	ค่าพลังงาน เอนทาลปี อากาศที่เข้าสู่แผง	$h.a_{in}$	kJ/kg
3	ค่าพลังงาน เอนทาลปี อากาศที่ออกจากแผง	$h.a_{out}$	kJ/kg
การคำนวณ			
1	อัตรามวลอากาศระบายออกสู่ภายนอก m.a = d * vout *A	m.a	kg/s
3	การสูญเสียจากการระบายความร้อน $E.loss = m.a * (h.a_{out} - h.a_{in})$	E.loss	kW
4	ค่าความสูญเสีย %E.loss = E.loss *100 / P	%E.loss	%