บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ ณ สภาพปัจจุบัน

4.1.1เครื่องอัดอากาศ No.1

4.1.1.1 ข้อมูลการวัดอัตราการไหล

ปริมาตรถังเก็บอากาศอัด = 2000 ลิตร

ช่วงความดันที่ทำการวัด = 6 – 7 bar

เวลาที่วัดได้ = 25sec, 26sec, 25sec ค่าเฉลี่ย = 25.33 sec

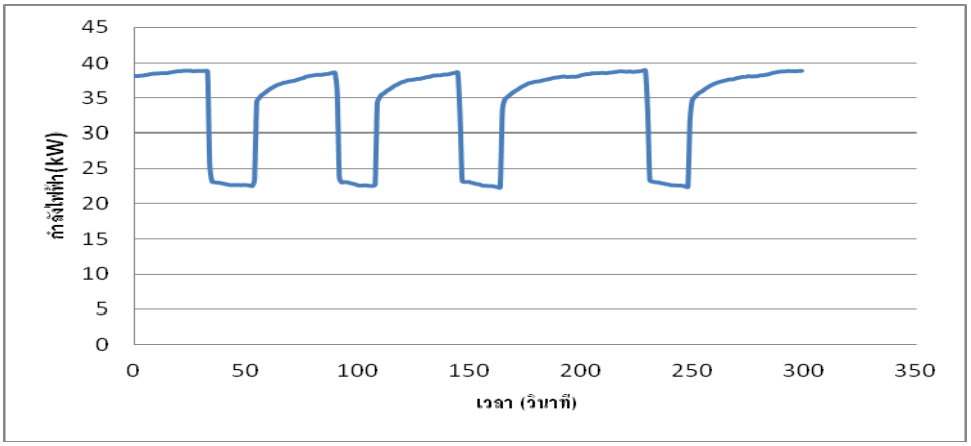
จากสมการ AP $= [V \times (P_{off} - P_{on})] / [t \times P_a]$

$= [2{,}000 \text{liters} (7\text{bar} - 6\text{bar})] / [25.33\text{sec} \times 1.01325\text{bar}]$

$= 77.93$ l/s

เพราะฉะนั้นอัตราการไหลช่วงโหลด 100% ของเครื่องอัดอากาศ No.1 = 77.93 l/s

4.1.1.2 ข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ No.1



รูปที่ 4.1 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่องอัดอากาศ No.1

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 38.01 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 22.52 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 33.98 kW

การควบคุมเครื่องอัดอากาศ คือ แบบโหลด/ไม่มีโหลด(การตั้งความดันอยู่ระหว่าง 6-7 bar)

วิเคราะห์การทำงานจากกราฟ คือ เครื่องอัดอากาศมีการเดินแบบโหลดและไม่มีโหลด โดยในช่วงสภาวะโหลดเครื่องอัดอากาศจะใช้พลังงานอยู่ในช่วง 35-39.5 kW โดยค่าพลังงานที่เกิดขึ้นแปรผันตรงตามความดันที่เพิ่มสูงขึ้น

4.1.1.3 นำข้อมูลจาก 4.1.1.1 และ 4.1.1.2 มาวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลเฉลี่ย และค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ

หาอัตราการไหลเฉลี่ยจากกราฟกำลังไฟฟ้ากับเวลาของ No.1 โดยจำนวนข้อมูลทั้งหมด 300 ข้อมูล แบ่งเป็น

- ช่วงโหลด จำนวน 222 ข้อมูล ซึ่งอัตราการไหลช่วงโหลด = 77.93 l/s
- ช่วงไร้โหลด จำนวน 78 ข้อมูล โดยอัตราการไหลช่วงไร้โหลด = 0 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = [(อัตราการไหลช่วงโหลด×จำนวนข้อมูลช่วงโหลด)+(อัตราการไหลช่วงไร้โหลด×จำนวนข้อมูลช่วงไร้โหลด)] / (จำนวนข้อมูลช่วงโหลด+ช่วงไร้โหลด)

= [(77.93×222)+(0×78)] / (222+78)

= 57.66 l/s

หาค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = ค่าอัตราการไหลช่วงโหลด / ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลด

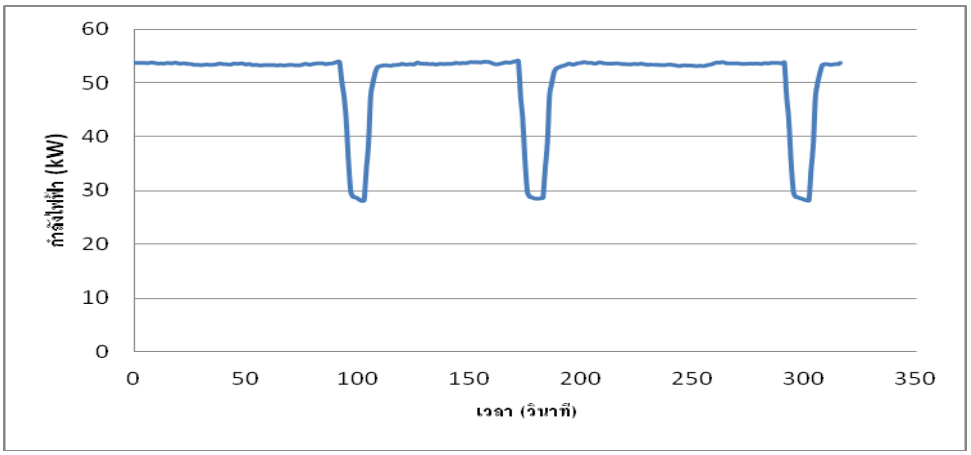
= 77.93 / 38.01

= 2.05 l/s/kW

การคำนวณตั้งแต่เครื่อง No.2 - No.12 จะใช้วิธีคำนวณในลักษณะเดียวกันนี้

4.1.2 เครื่องอัดอากาศ No.2

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.2 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.2

อัตราการไหลช่วงโหลด = 128.75 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 115.35 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 53.73 kW

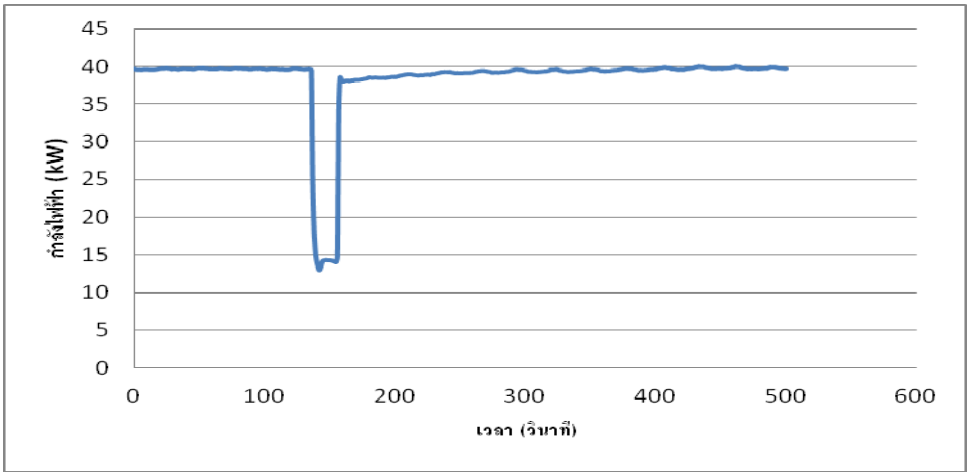
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 27.57 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 51.009 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.39 l/s/kW

4.1.3 เครื่องอัดอากาศ No.3

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.3 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.3

อัตราการไหลช่วงโหลด = 75.91 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 72.88 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 39.51 kW

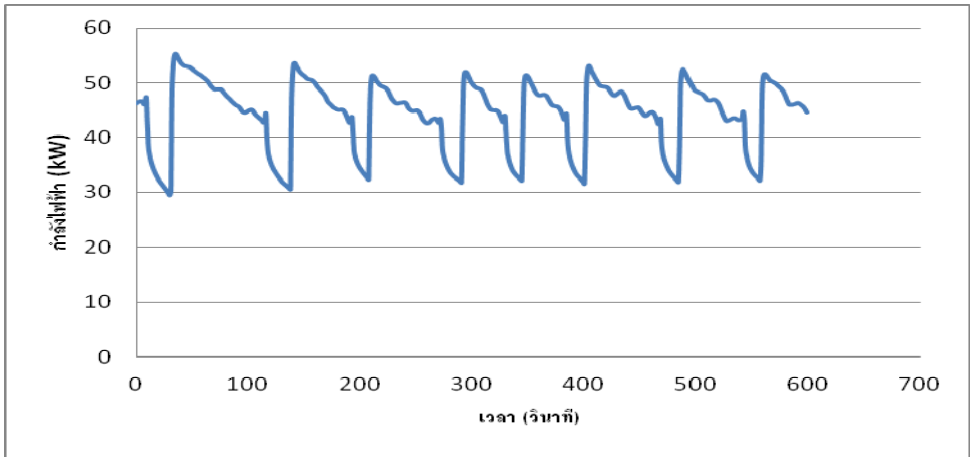
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 13.01 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 38.45 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 1.92 l/s/kW

4.1.4 เครื่องอัดอากาศ No.4

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.4 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.4

อัตราการไหลช่วงโหลด = 98.69 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 76.15 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 48.07 kW

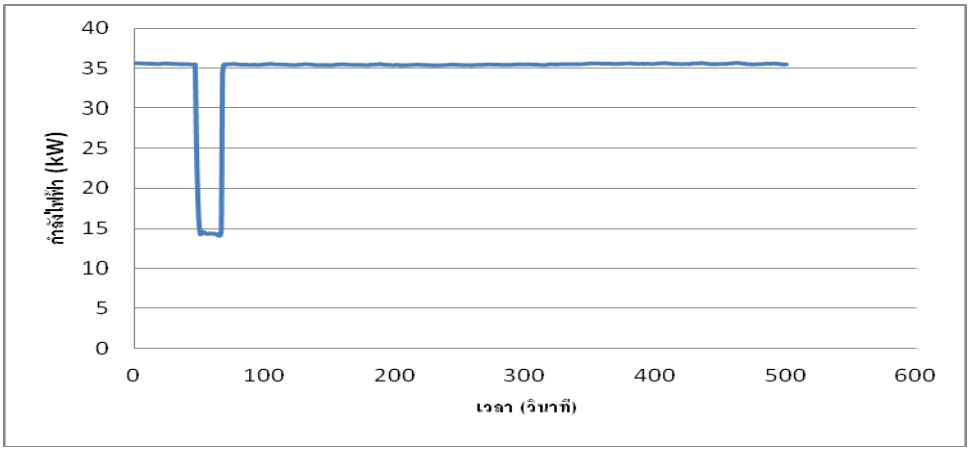
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 31.02 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 44.18 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.05 l/s/kW

4.1.5 เครื่องอัดอากาศ No.5

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.5 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.5

อัตราการไหลช่วงโหลด = 80.04 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 76.84 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 35.58 kW

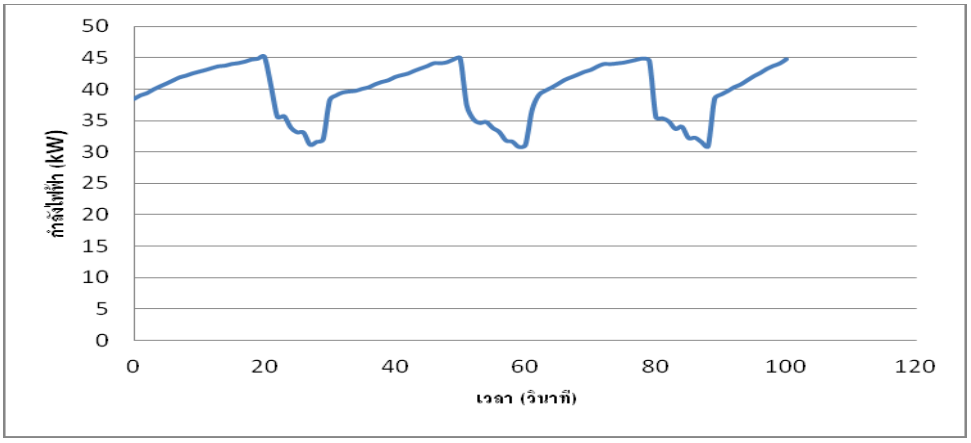
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 14.71 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 34.75 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.25 l/s/kW

4.1.6 เครื่องอัดอากาศ No.6

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.6 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.6

อัตราการไหลช่วงโหลด = 78.95 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 56.84 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 42.30 kW

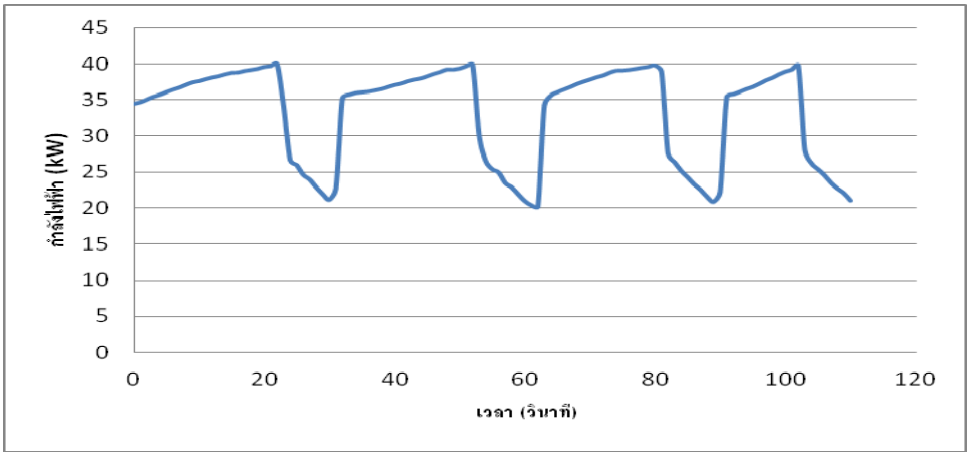
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 33.14 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 39.74 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 1.86 l/s/kW

4.1.7 เครื่องอัดอากาศ No.7

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.7 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.7

อัตราการไหลช่วงโหลด = 75.91 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 50.61 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 38.54 kW

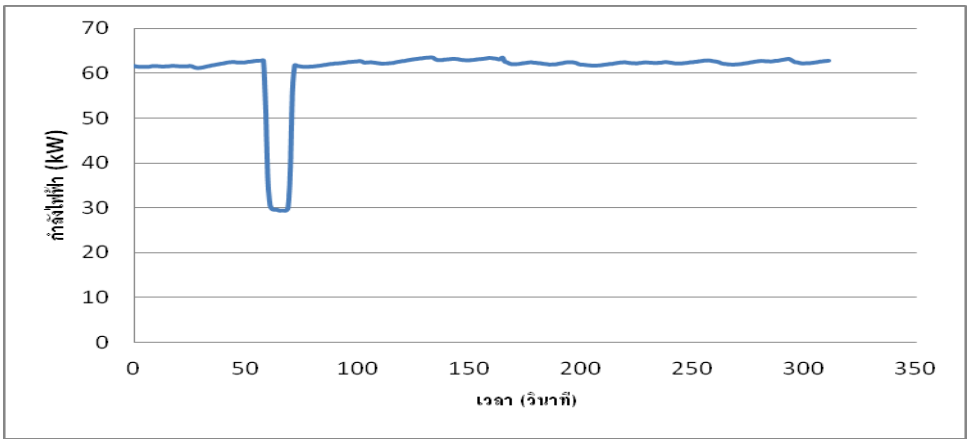
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 22.72 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 33.265 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 1.96 l/s/kW

4.1.8 เครื่องอัดอากาศ No.8

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.8 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.8

อัตราการไหลช่วงโหลด = 174.21 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 168.63 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 62.36 kW

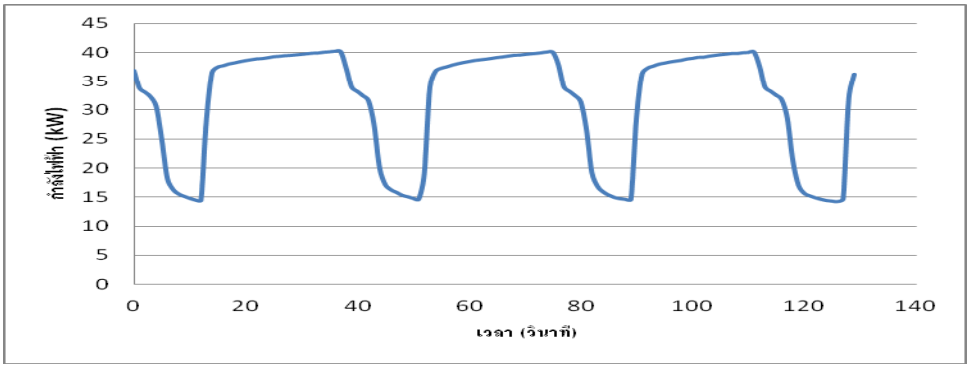
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 29.54 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 61.31 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.79 l/s/kW

4.1.9 เครื่องอัดอากาศ No.9

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.9 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.9

อัตราการไหลช่วงโหลด = 75.91 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 42.63 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 39.08 kW

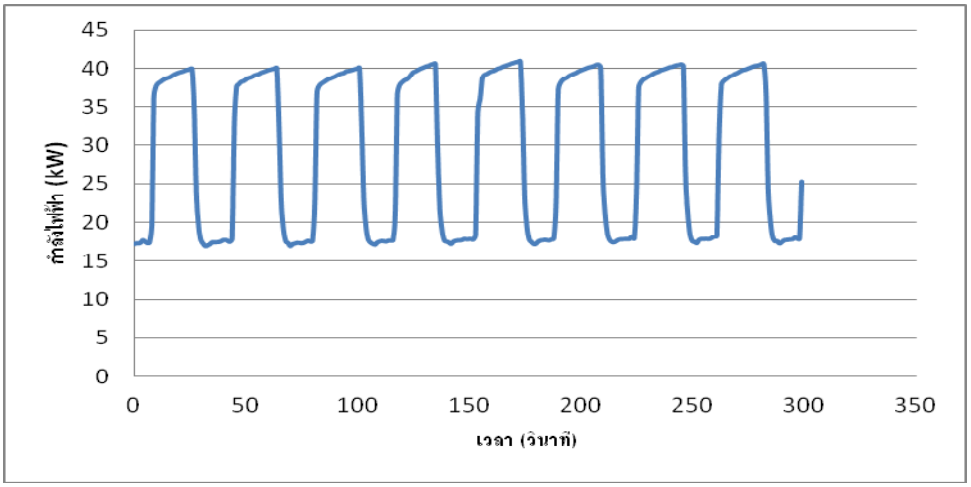
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 21.72 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 31.47 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.26 l/s/kW

4.1.10 เครื่องอัดอากาศ No.10

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.10 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.10

อัตราการไหลช่วงโหลด = 75.91 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 42.63 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 39.10 kW

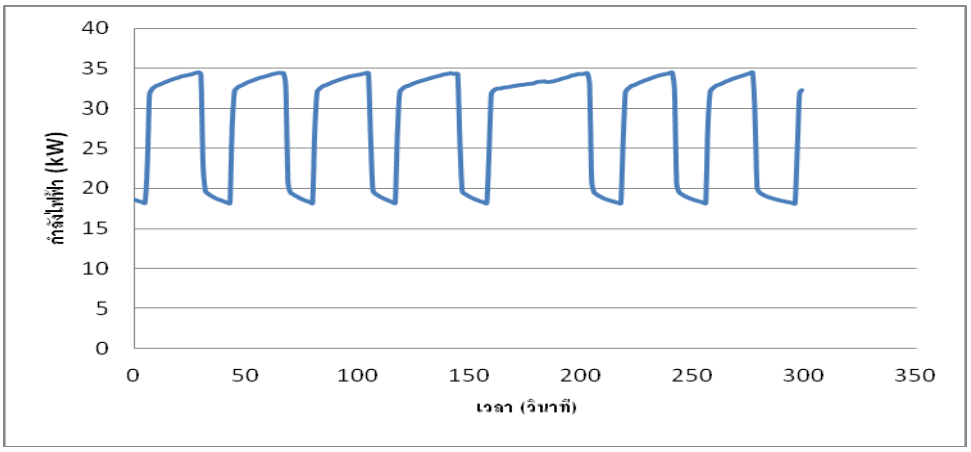
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 18.34 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 29.62 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.36 l/s/kW

4.1.11 เครื่องอัดอากาศ No.11

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.11 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.11

อัตราการไหลช่วงโหลด = 70.49 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 45.58 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 33.59 kW

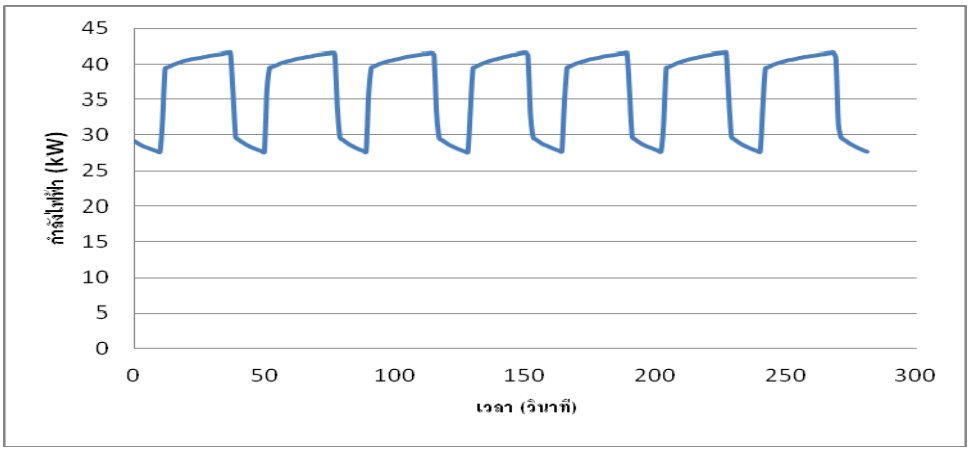
ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 18.65 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 28.313 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.09 l/s/kW

4.1.12 เครื่องอัดอากาศ No.12

ข้อมูลการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.12 กราฟค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลาของเครื่อง No.12

อัตราการไหลช่วงโหลด = 93.99 l/s

อัตราการไหลเฉลี่ย = 60.32 l/s

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงโหลด = 40.83 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงไร้โหลด = 28.43 kW

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงความดันระหว่าง 6-7 bar = 36.39 kW

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะช่วงโหลด = 2.30/s/kW

ตารางที่ 4.1 ค่าสมบัติของเครื่องอัดอากาศและลักษณะการใช้งาน

หมายเลขเครื่อง	ค่าอัตราการไหลช่วงโหลดของเครื่อง(liter/s)	กำลังไฟฟ้าช่วงโหลด(kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ (liter/s/kW)	ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย (liters/s)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(kW)
No.1	77.92	38.00	2.05	57.66	33.98
No.2	128.75	53.73	2.39	115.35	51.01
No.3	75.91	39.50	1.92	72.88	38.45
No.4	98.69	48.07	2.05	76.15	44.18
No.5	80.04	35.58	2.25	76.84	34.75
No.6	78.95	42.30	1.86	56.84	39.74
No.7	75.91	38.54	1.96	50.61	33.26
No.8	174.21	62.36	2.79	168.63	61.31
No.9	75.91	39.08	2.26	42.63	31.47
No.10	92.53	39.10	2.36	50.27	29.62
No.11	70.49	33.59	2.09	45.58	28.31
No.12	93.99	40.83	2.30	60.32	36.39
รวม	1,123.3	501.68		873.76	462.47

มาตรฐานการเลือกใช้เครื่องอัดอากาศจะมีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ = 2.35 – 2.85 l/s/kWจากผลการทดสอบพบว่า เครื่องอัดอากาศที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะอยู่ในค่ามาตรฐานได้แก่ เครื่องอัดอากาศ No.2, No.8และ No.10

4.2 การตรวจสอบอุณหภูมิห้องบริเวณรอบเครื่องอัดอากาศ

ตารางที่ 4.2 การตรวจสอบอุณหภูมิห้องเครื่องอัดอากาศ

หมายเลขเครื่อง	อุณหภูมิบริเวณห้องเครื่อง(°C)	อุณหภูมิรอบเครื่องอัดอากาศ(°C)				
		ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านหลัง	ด้านบน
No.1	32	38	39	36.5	36	64
No.2	32	39.5	44	37	39	65
No.3	32	39	40	36.5	38	63.5
No.4	32	38.5	42	37	39.5	64
No.5	32	36.5	40	36	38.5	64
No.6	32	34	35	34	35.5	63.5
No.7	32	35.5	35	34	35	63
No.8	33.5	36	36.5	36	36	64.5
No.9	32	33	33.5	34	33.5	64
No.10	32	33.5	33.5	34	33.5	63
No.11	32	33.5	34	33.5	33.5	63
No.12	32	33	34	33.5	33.5	63.5

จากการสำรวจพบว่า อุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องอัดอากาศมีค่ามีค่าสูงกว่าอุณหภูมิห้องอยู่ประมาณ 1-10°C ในด้านข้างรอบตัวเครื่องและสำหรับด้านบนเครื่องอุณหภูมิจะสูงกว่ามาก

4.3 การตรวจสอบการใช้ความดันอากาศอัด

การตรวจสอบการใช้ความดันของทางโรงงาน แบ่งเป็นการตรวจวัดเป็น 9 อาคารได้แก่

ตารางที่ 4.3 ความดันอากาศอัดที่ต้องการภายในอาคารต่างๆ

ตำแหน่งที่ใช้อากาศอัด	ความดันที่ใช้งาน (bar)
อาคาร 1	
- ชั้น 1	5
- ชั้น 2	8
- ชั้น 3	8
อาคาร 2	5
อาคาร 4	5
อาคาร 9	5

4.4 การตรวจสอบความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด

การใช้งานอากาศอัดของทางโรงงาน เป็นการใช้ในการควบคุมอุปกรณ์นิวเมติกส์, เป่าทำความสะอาดชิ้นงาน และทดสอบความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้นเห็นว่าควรใช้คุณภาพอากาศอัดตามมาตรฐาน ISO8573-1 Class 3.4.3 ฉะนั้นได้ทำการสำรวจมาตรฐานของระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศอัดของโรงงานได้ผลดังนี้

อาคาร 1

ความสามารถในการผลิตอากาศอัดรวมทั้งหมดของอาคาร 1 = 461.33 l/s (27.67m^3/min) การปล่อยอากาศอัดสู่โรงงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ไปยังถัง 2,000 ลิตร และส่วนที่ไปยังถัง 1,000 ลิตร

- ส่วนที่ไปยังถัง 2,000 ลิตร มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศอัดครบ ซึ่งได้แก่ Pre filter, Coalescent filter และ Air dryer
- ส่วนที่ไปยังถัง 1,000 ลิตร มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศอัดครบ ซึ่งได้แก่ Pre filter, Coalescent filter และ Air dryer

สำหรับการตรวจสอบความดันตกคร่อม ณ ตำแหน่งเครื่องอัดอากาศ, ถังเก็บอากาศอัด และท่อเมนอากาศอัดก่อนเข้าโรงงาน พบความดันตกคร่อมประมาณ 0.1 bar

อาคาร 2

ความสามารถในการผลิตอากาศอัดรวมทั้งหมดของอาคาร 2 = 154.87 l/s อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศอัดมีครบ ได้แก่ Pre filter, Coalescent filter และ Air dryer สำหรับการตรวจสอบความดันตก คร่อม ณ ตำแหน่งเครื่องอัดอากาศ, ถังเก็บอากาศอัด และท่อเมนอากาศอัดก่อนเข้าโรงงาน ไม่พบความดันตกคร่อม

อาคาร 4

ความสามารถในการผลิตอากาศอัดรวมทั้งหมดของอาคาร 2 = 174.21 l/s อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศอัด ได้แก่ Pre filter และ Air dryer ขาด Coalescent filter เป็นผลให้จะมีน้ำมันปนเปื้อนไปกับอากาศอัด สำหรับการตรวจสอบความดันตกคร่อม ณ ตำแหน่งเครื่องอัดอากาศ, ถังเก็บอากาศอัด และท่อเมนอากาศอัดก่อนเข้าโรงงาน ไม่พบความดันตกคร่อม

อาคาร 9

ความสามารถในการผลิตอากาศอัดรวมทั้งหมดของอาคาร 2 = 332.93 l/s อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่มากับอากาศอัดมีครบ ได้แก่ Pre filter, Coalescent filter และ Air dryer แต่ air dryer ไม่สามารถสร้าง pressure dew point 3°C ได้ สำหรับการตรวจสอบความดันตกคร่อม ณ ตำแหน่งเครื่องอัดอากาศ, ถังเก็บอากาศอัด และท่อเมนอากาศอัดก่อนเข้าโรงงาน พบความดันตกคร่อมประมาณ 0.5 bar ระหว่างถังเก็บอากาศอัดกับท่อเมนอากาศอัดก่อนเข้าโรงงาน

4.5 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของถังเก็บอากาศอัด

การใช้งานอากาศอัดของทางโรงงานเป็นการใช้งานไม่สม่ำเสมอ แต่เครื่องผลิตอากาศอัดสามารถผลิตอากาศอัดได้มากกว่าความต้องการตลอดเวลา จึงถือได้ว่าเป็นการใช้อากาศอัดแบบสม่ำเสมอ จากการสำรวจพบว่าถังเก็บอากาศอัดภายในโรงงานมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.4

ตำแหน่ง	ขนาดถังเก็บอากาศอัด(ลิตร)	จำนวน
อาคาร 1	2,000	1
อาคาร 1	1,500	1
อาคาร 2	2,000	2
อาคาร 2	2,000	1
อาคาร 4	1,000	1
อาคาร 4	2,500	1
อาคาร 9	2,000	1

จากการตรวจสอบขนาดถังเก็บอากาศอัดทั้งหมดมีขนาดรวม 13,000 ลิตร การหาขนาดถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสมสามารถหาได้จาก

$$V_R = \frac{A \times C_0 \times P_0}{P_g + P_0}$$

P_g = 7 bar , C_0 = 1,123.3 l/s = 67.40 m^3/min , A = 1.5 min

แทนค่า $$V_R = \frac{1.5 \times 67.4014 \times 1.01325}{7 + 1.01325}$$

$$= 12.78\ m^3$$

เพราะฉะนั้นขนาดถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสมคือ 12,784 ลิตร

4.6 การตรวจสอบระบบท่อส่งอากาศอัด

ท่อส่งอากาศอัดมีการเดินเชื่อมต่อถึงทั้งหมดตั้งแต่อาคาร 1 ถึง 9 แต่จะมีบอลวาล์วกั้นส่วนของระบบท่อออกเป็น 4 ส่วน แต่ในสภาวะฉุกเฉินสามารถเปิดลมแต่ละอาคารให้เชื่อมต่อถึงกันได้ โดยการแบ่งช่วงของท่ออากาศอัดมีดังนี้

4.6.1 ท่อส่งอากาศอัดภายในอาคาร 1 รับอากาศอัดมาจากห้องเครื่องอัดอากาศที่อาคาร 1 จากการสำรวจความดัน ณ จุดใช้งานที่ระยะไกลสุดเทียบกับความดันภายในห้องเครื่องอัดอากาศมีค่าต่างกันประมาณ 0.8 bar ขนาดท่อเมนมีขนาด Ø 2 inches

4.6.2 ท่อส่งอากาศอัดภายในอาคาร 2 และ 3 ต่อเชื่อมถึงกัน รับอากาศอัดมาจากห้องเครื่องอัดอากาศที่อาคาร 2 จากการสำรวจความดัน ณ จุดใช้งานที่ระยะไกลสุดเทียบกับความดันภายในห้องเครื่องอัดอากาศมีค่าต่างกันประมาณ 0.1 bar ขนาดท่อเมนมีขนาด Ø 2 inches

4.6.3 ท่อส่งอากาศอัดภายในอาคาร 4, 5 และ 6 ต่อเชื่อมถึงกัน รับอากาศอัดมาจากห้องเครื่องอัดอากาศที่อาคาร 4 จากการสำรวจความดัน ณ จุดใช้งานที่ระยะไกลสุดเทียบกับความดันภายในห้องเครื่องอัดอากาศมีค่าต่างกันประมาณ 0.2 bar ขนาดท่อเมนมีขนาด Ø 2 inches

4.6.4 ท่อส่งอากาศอัดภายในอาคาร 7, 8 และ 9 ต่อเชื่อมถึงกัน รับอากาศอัดมาจากห้องเครื่องอัดอากาศที่อาคาร 9 จากการสำรวจความดัน ณ จุดใช้งานที่ระยะไกลสุดเทียบกับความดันภายในห้องเครื่องอัดอากาศมีค่าต่างกันประมาณ 0.3 bar ขนาดท่อเมนมีขนาด Ø 2 inches

4.7 แนวทางการปรับปรุงระบบอัดอากาศทั้งระบบ

ทางโรงงานผลิตก๊อกน้ำทองเหลือง มีความต้องการที่จะปรับปรุงระบบอัดอากาศใหม่ โดยต้องการให้เหลือตำแหน่งที่ตั้งเครื่องอัดอากาศอยู่ที่บริเวณอาคาร 1 และอาคาร 9 เท่านั้น เนื่องจากในบริเวณอาคาร 2 และอาคาร 4 มีฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตค่อนข้างมากจึงต้องการย้ายเครื่องอัดอากาศออกจากบริเวณดังกล่าว แล้วทำการเดินท่อเชื่อมต่อกันทุกอาคาร สำหรับเครื่องอัดอากาศทางโรงงานต้องการเปลี่ยนใหม่ทั้งหมดแต่สำหรับเครื่องอัดอากาศเก่าที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะที่ผ่านมาตรฐานอยู่จะถูกเก็บไว้เป็นเครื่องสำรอง

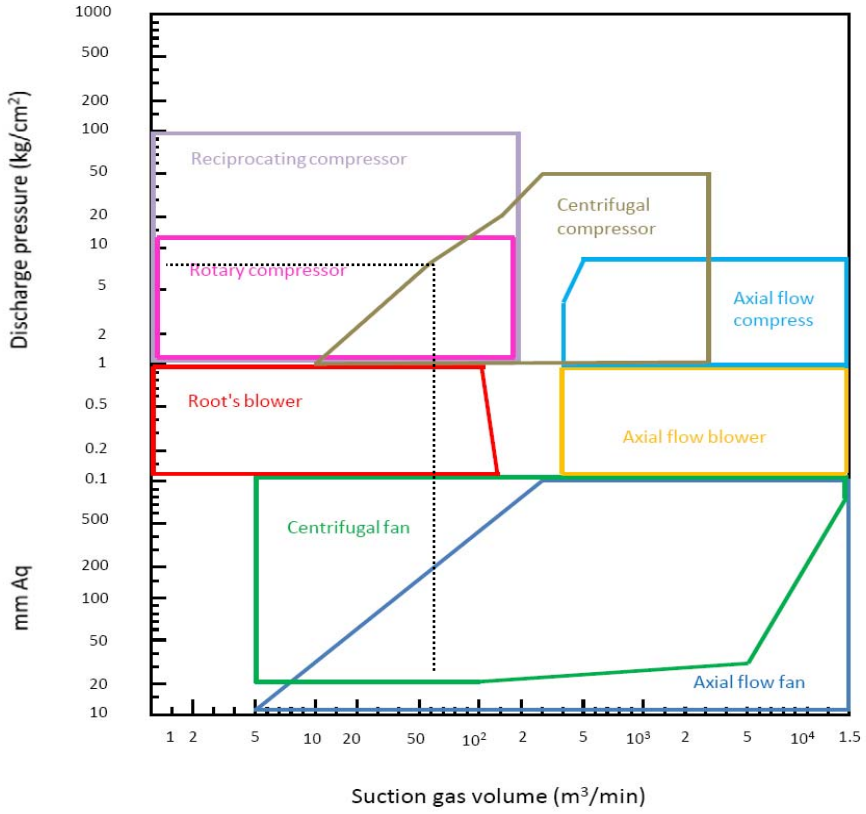
จากการสำรวจพบว่าการใช้อากาศอัดของโรงงานผลิตก๊อกน้ำทองเหลือง พบว่ายังมีความไม่เหมาะสมในหลายส่วน จึงได้นำเสนอแนวทางปรับปรุงระบบอัดอากาศดังนี้

4.7.1 เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ เป็นการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะไม่ดีออกและทำการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะสูงกว่าเข้ามาทดแทน

จากการสำรวจพบว่าเครื่องอัดอากาศของโรงงานผลิตก๊อกน้ำทองเหลือง มีทั้งหมด 12 เครื่อง โดยกระจายอยู่ตามอาคารทั้งหมด 4 อาคาร และค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะเฉลี่ยของระบบ = 2.19 liter/s/kW และมีเครื่องอัดอากาศที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะไม่ผ่านมาตรฐานทั้งหมด 9 เครื่อง ฉะนั้นจึงทำการเก็บเครื่องอัดอากาศไว้สำรอง 3 เครื่อง ความต้องการอากาศอัดสูงสุด = 1,123.35

l/s และความต้องการปริมาณอากาศอัดของทั้งโรงงาน = 873.76 l/s คิดเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดอากาศ = 398.97 kW คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้า = 398.97×24×30 = 287,258 kWh/เดือน

เลือกชนิดเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเครื่องอัดอากาศเดิมของทางโรงงานเป็นแบบสกรูทั้งหมด ฉะนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบก่อนว่ามีความเหมาะสมหรือไม่จาก



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการเลือกประเภทเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับทางโรงงาน

จากกราฟพบว่าเครื่องอัดแบบสกรูมีความเหมาะสม จึงทำการเลือกเครื่องอัดอากาศแบบสกรูในการออกแบบระบบ ซึ่งจะทำการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศตัวที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะที่ไม่ผ่านมาตรฐานออก

ตารางที่ 4.5 สมบัติของเครื่องอัดอากาศตัวใหม่ที่จะนำเข้ามาแทนที่

ยี่ห้อ	รุ่น	อัตราการไหล (l/s)	กำลังไฟฟ้า(kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะ(l/s/kW)
COAIRE	AS51	108.33	37	2.92
COAIRE	AS51V	108.33	37	2.92
COAIRE	AS101	228.33	75	3.04
COAIRE	AS101V	228.33	75	3.04
HITACHI	OSP-37V5A	105.00	37	2.83
HITACHI	OSP-37V5AL	105.00	37	2.83
HITACHI	OSP-75V5A	210.00	75	2.80
HITACHI	OSP-75V5AL	210.00	75	2.80

แนวทางการปรับปรุง

เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศใหม่ทั้งหมด โดยแบ่งเป็นเครื่องอัดอากาศแบบสกรู ยี่ห้อ COAIRE รุ่น AS101 แบบความเร็วรอบคงที่จำนวน 4 เครื่อง และทำการติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบสกรู ยี่ห้อ COAIRE รุ่น AS101V แบบอินเวอร์เตอร์จำนวน 1 เครื่อง สำหรับเครื่องอัดอากาศเก่าที่ผ่านมาตรฐานทั้ง 3 เครื่องนำมาติดตั้งเป็นเครื่องสำรอง เพื่อให้การออกแบบสอดคล้องกับความต้องการของทางโรงงานจึงได้ทำการออกแบบให้เครื่องอัดอากาศอยู่ภายในห้องเครื่องที่อาคาร 1 และ 9 เท่านั้น

ผลประหยัดที่ได้จากการปรับปรุง

ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะของเครื่องอัดอากาศยี่ห้อ COAIRE = 3.04 l/s/kW

ความต้องการอากาศอัดของทางโรงงาน = 873.76 l/s ฉะนั้นจะใช้กำลังไฟฟ้า = 287.42 kW

ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุง = 398.97 – 287.42 = 111.55 kW

คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 111.55 × 24 × 30 = 80,316 kWh

เพราะฉะนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงด้วยมาตรการ 4.7.1 จะเหลือ

= 287,258 – 80,316 = 206,942 kWh/เดือน

4.7.2 การติดตั้งชุดควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบศูนย์กลางเดียวกัน

หลักการทำงานของชุด PLC ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องอัดอากาศจากศูนย์กลางเดียวกัน การทำงานจะใช้เซนเซอร์เป็นความดัน โดยเริ่มต้นการทำงานจากเครื่องอัดอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ก่อน ถ้าความดันยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ตามเวลาที่กำหนด เครื่องตัวที่ 2 ที่เป็นแบบความเร็วรอบคงที่จะถูกสั่งให้เดินเครื่องขึ้นมาทันที การสั่งงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้จนครบทั้ง 5 เครื่อง โดยเครื่องที่เป็นแบบอินเวอร์เตอร์จะเป็นเครื่องที่มีการปรับความเร็วรอบอยู่เสมอเพื่อให้การผลิตอากาศอัดมีค่าเท่ากับค่าความต้องการใช้อากาศอัดของทางโรงงาน เมื่อความต้องการอากาศอัดลดลงเครื่องอัดอากาศอัดแบบอินเวอร์เตอร์จะปรับรอบให้เหมาะสมกับความต้องการ แต่เมื่อความต้องการอากาศอัดลดลงมากจนถึงขั้นที่สามารถหยุดเครื่องอัดอากาศแบบความเร็วรอบคงที่ได้ ชุด PLC ก็จะทำการสั่งให้เครื่องอัดอากาศแบบความเร็วรอบคงที่หยุดการทำงานลง

แนวทางการปรับปรุง

ติดตั้งชุด PLC ควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศให้มีการเดินเครื่องเหมาะสมกับความต้องการอากาศอัดที่ใช้จริงของทางโรงงาน การติดตั้งชุด PLC จะทำการติดตั้งที่อาคาร 9 และเดินสายเชื่อมเครื่องอัดอากาศทุกเครื่องเข้าสู่ศูนย์กลางเดียวกัน

ผลประหยัดที่ได้จากการปรับปรุง

ในลักษณะการทำงานของชุด PLC จะส่งผลให้ระบบจะไม่มีสภาวะไร้โหลด

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในสภาวะไร้โหลด = กำลังไฟฟ้าช่วงไร้โหลด × เวลาช่วงไร้โหล

ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงโหลด, ช่วงไร้โหลด ของเครื่องอัดอากาศ

หมายเลขเครื่อง	ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงไร้โหลด(kW)	เวลาช่วงไร้โหลด (วินาที/เดือน)	ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วงไร้โหลด/เดือน(kW)
No.1	22.52	673,920	4,216.54
No.2	27.57	269,829.65	2,066.80
No.3	13.01	103,473.05	373.80
No.4	31.02	591,840	5,099.13
No.5	14.71	103,680	423.65
No.6	33.14	725,760	6,680.33
No.7	22.72	864,000	5,451.60
No.8	29.54	83,076.92	681.68

หมายเลขเครื่อง	ค่ากำลังไฟฟ้าช่วงไร้โหลด(kW)	เวลาช่วงไร้โหลด (วินาที/เดือน)	ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วงไร้โหลด/เดือน(kW)
No.9	21.72	1,136,492.31	6,856.84
No.10	18.34	1,183,680	6,030.09
No.11	18.65	915,840	4,743.53
No.12	28.43	928,340.43	7,331.67

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในช่วงไร้โหลด = 49,955.65 kWh / เดือน

เพราะฉะนั้นค่าพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุงด้วยมาตรการ 4.7.2 จะเหลือ

= 206,942 – 49,955.65 = 156,986.35 kWh/เดือน

4.7.3 การปรับปรุงอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

จากการสำรวจพบว่าอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องอัดอากาศมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิห้องอยู่ประมาณ 1-10°C สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดจากลมที่ใช้ในการระบายความร้อนของเครื่องอัดอากาศถูกปล่อยทิ้งด้านบนตัวของเครื่องอัดอากาศ อากาศร้อนลอยตัวขึ้นแต่ไม่สามารถระบายออกไปทิ้งได้ทำให้อากาศร้อนไหลย้อนกลับมาด้านล่าง ส่งผลให้อุณหภูมิรอบตัวเครื่องมีอุณหภูมิสูงขึ้น

แนวทางการปรับปรุง

ติดตั้งปล่อยระบายความร้อนจากตัวเครื่องอัดอากาศไปทิ้งด้านนอกห้อง และที่ผนังห้องเครื่อง ทำการติดตั้งพัดลมดูดอากาศออกจากห้องเครื่อง

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเครื่องอัดอากาศลดต่ำลง เป็นผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าจำเพาะการอัดอากาศดีขึ้นและช่วยทำให้ตัวเครื่องอัดอากาศมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

4.7.4 การปรับปรุงระบบท่อส่งอากาศอัดภายในโรงงาน

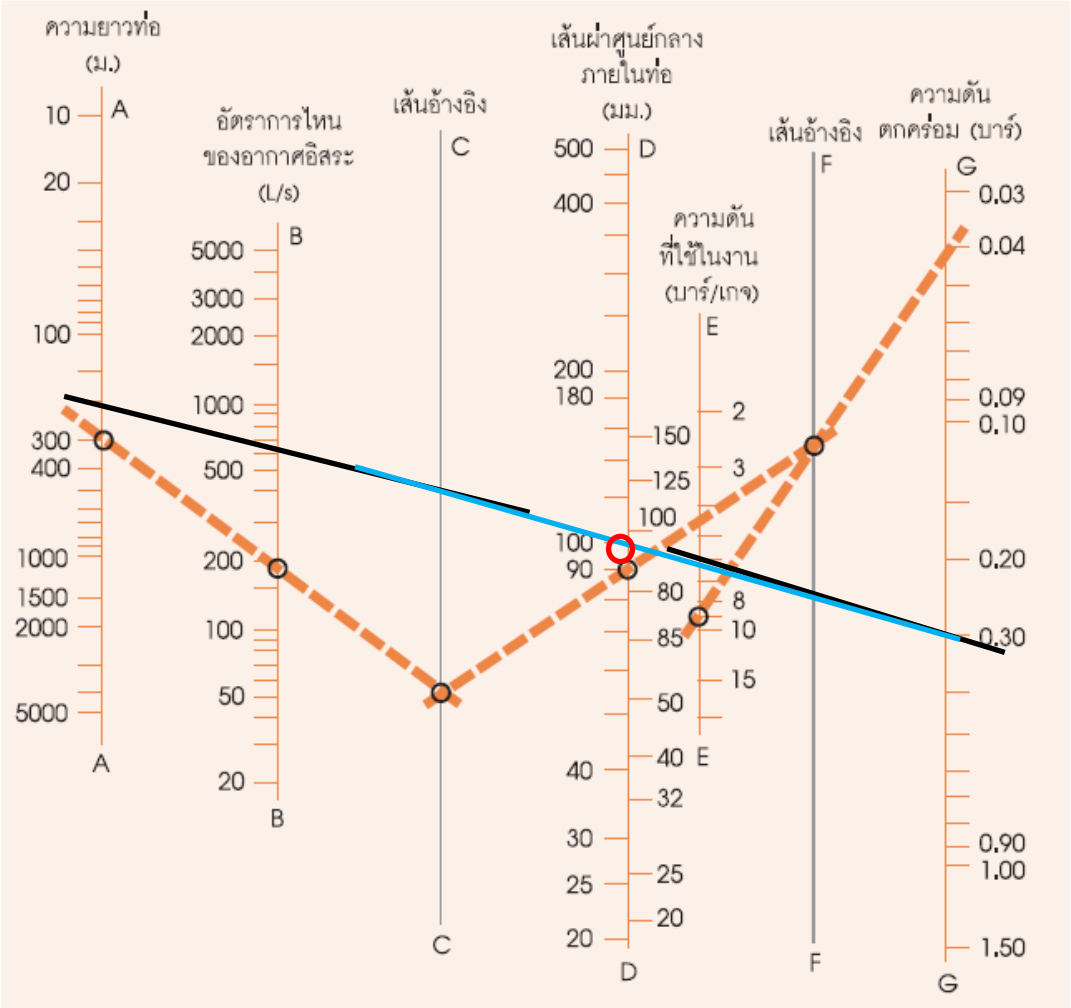
เนื่องด้วยทางโรงงานต้องการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของห้องเครื่องอัดอากาศใหม่ โดยต้องการให้ยุบตำแหน่งของห้องเครื่องอัดอากาศภายในอาคาร 2 และอาคาร 4 ลง ให้เหลือไว้เพียงแต่ห้องเครื่องที่อาคาร 1 และ 9 เท่านั้น จากความต้องการดังกล่าวจึงต้องทำการปรับปรุงระบบท่อเมนส่งอากาศอัดที่เชื่อมต่อระหว่างอาคาร 1 ถึงอาคาร 9 ใหม่เพราะปัจจุบันใช้ท่อขนาด 2 นิ้ว เป็นตัวเชื่อมต่อ

แนวทางการปรับปรุง

ทำการเดินท่อเมนใหม่จากอาคาร 1 ถึงอาคาร 9 โดยเดินขนานไปกับท่อเมน 2 นิ้วเดิม แล้วทำการต่อเชื่อมท่อเมน 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว เข้าด้วยกันเป็นช่วง

การคำนวณหาขนาดท่อเมนใหม่ที่เหมาะสมโดยใช้โมโนกราฟ โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

- ค่าอัตราการไหลของอากาศอัด = 684.99 l/s
- ระยะทางในการเดินท่อส่งอากาศอัด = 216 เมตร
- ความดันที่ใช้งาน = 6 bar
- ความดันตกคร่อม 0.3 bar



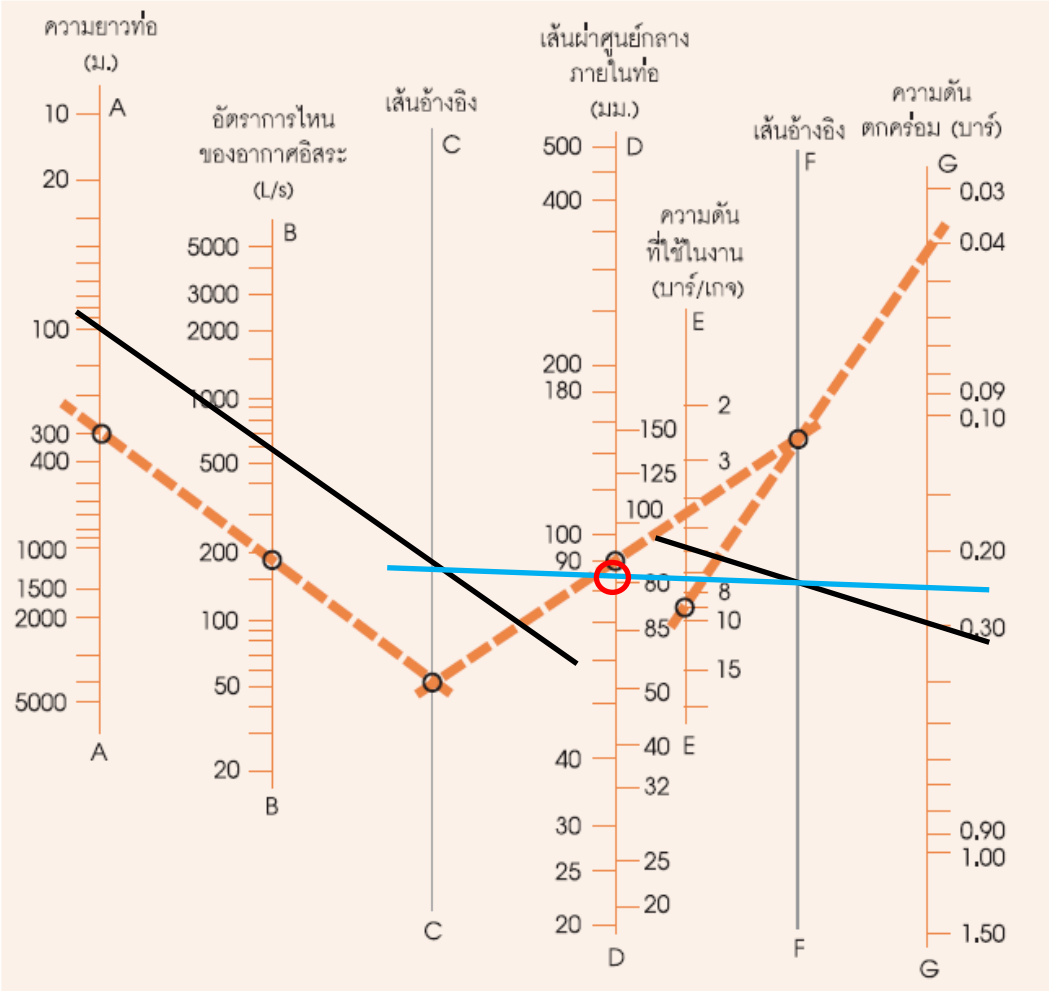
รูปที่ 4.14 การหาขนาดท่อเมนจากอาคาร1-9 โดยใช้โมโนกราฟ

จากการใช้โมโนกราฟ ขนาดท่อที่เหมาะสมคือขนาด 4 นิ้ว

จากการสำรวจท่อย่อยภายในอาคารมีเพียงอาคาร 1 เท่านั้นที่มีความดันตกคร่อม 1 bar สำหรับอาคารอื่นความดันตกคร่อมอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 0.3 bar สำหรับอาคาร 1 จะทำการเดินท่อขนานกับแนวท่อเดิมเพื่อลดความดันตกคร่อมปลายทาง สำหรับข้อมูลในการใช้อากาศอัดสำหรับอาคาร 1 มีดังนี้

- ค่าอัตราการไหลของอากาศอัด = 398.88 l/s
- ระยะทางในการเดินท่อส่งอากาศอัด = 96 เมตร

- ความดันที่ใช้งาน = 6 bar
- ความดันตกคร่อม 0.3 bar



รูปที่ 4.15 การหาขนาดท่อเมนภายในอาคาร 1 โดยใช้โมโนกราฟ

ขนาดท่อที่เหมาะสมสำหรับภายในอาคารคือ 68 mm แต่เดิมมีท่อขนาด 2 นิ้ว อยู่แล้ว จึงต้องทำการเดินท่อใหม่ขนาดไปกับท่อ 2 นิ้วเดิม

หาขนาดท่อเมนเพิ่ม

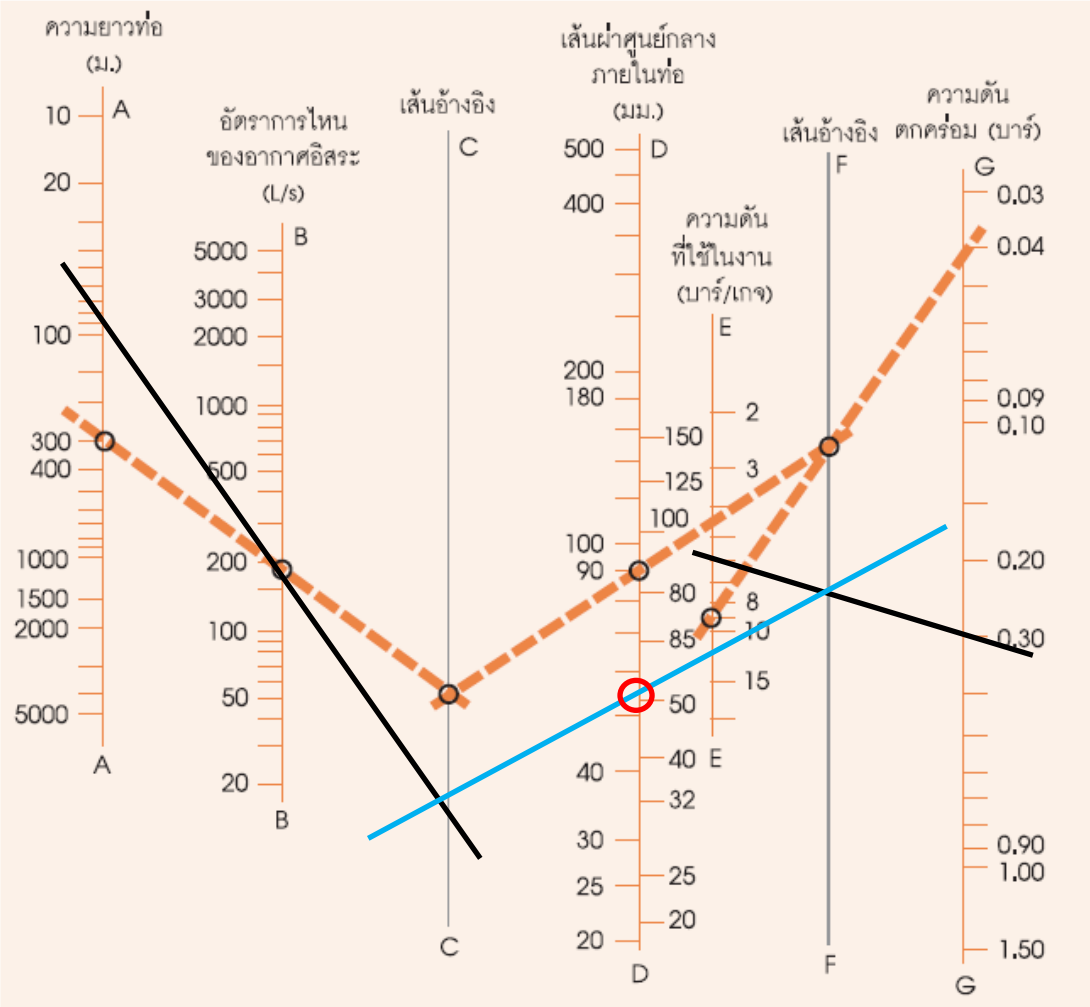
จาก $\P D^2_{\text{ท่อใหม่}} / 4 = \P D^2_{\text{ท่อเก่า}} / 4 + \P D^2_{\text{ท่อเพิ่ม}} / 4$

$$\P (68)^2 / 4 \quad = \P (50.8)^2 / 4 + \P D^2_{\text{ท่อเพิ่ม}} / 4$$

$$D_{\text{ท่อเพิ่ม}} \quad = 45.20 \text{ mm}$$

เพราะฉะนั้นควรเดินท่อขนาด 2 นิ้ว ขนาดกับแนวท่อเดิมเพื่อไม่ให้เกิดความดันตกคร่อม

หรืออาจจะใช้วิธีการเดินท่อขนาด 4 นิ้ว ขนาดกับแนวท่อเดิมแล้วทำการต่อเชื่อมให้ถึงกัน



รูปที่ 4.16 การหาขนาดท่อเมนภายในอาคาร 1 ซึ่งใช้ท่อ 4 นิ้วเดินขนานโดยใช้โมโนกราฟ

สำหรับข้อมูลในการใช้อากาศอัดสำหรับอาคาร 1 ที่ใช้มาตรการเดินท่อ 4 นิ้วขนานกับท่อเมนเดิม มีดังนี้

- ค่าอัตราการไหลของอากาศอัด = 199.44 l/s

- ระยะทางในการเดินท่อส่งอากาศอัด = 48 เมตร
- ความดันที่ใช้งาน = 6 bar
- ความดันตกคร่อม 0.3 bar

เพราะฉะนั้นเมื่อทำการเดินท่อ 4 นิ้ว 1 เส้นขนานกับแนวเดิมท่อขนาน 2 นิ้วเดิมสามารถใช้ได้โดย ความดันตกคร่อม = 0.3 bar เนื่องจากการปรับปรุงท่อภายในอาคาร 1 สามารถทำได้ทั้ง 2 วิธี ซึ่งให้ผลได้ใกล้เคียงกัน จึงต้องตรวจสอบที่งบประมาณการลงทุน

- การเดินท่อ 2 นิ้วขนานแนวเดิมทั้ง 4 แนว ใช้งบลงทุน = 544,000 บาท
- การเดินท่อ 4 นิ้วขนานแนวเดิมแนวเดียว ใช้งบลงทุน = 238,000 บาท

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

ทำให้ลดความดันตกคร่อมในระบบท่อลมลง ซึ่งจะสามารถลดการตั้งค่าความดันที่เครื่องอัดกาศได้

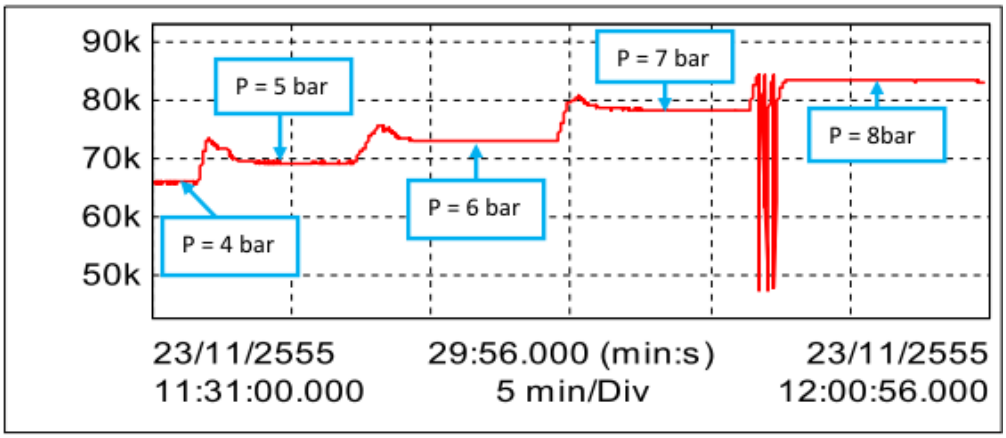
4.7.5 การปรับลดความดันของเครื่องอัดอากาศลง

จากการสำรวจจะพบว่า ค่าความดันที่เครื่องจักรต้องใช้มีด้วยกัน 2 ค่า คือค่าความดันที่ 5 bar สำหรับเครื่องจักรทั่วไปทั้งหมดของโรงงาน และความดัน 8 bar สำหรับการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันทางโรงงานได้มีการตั้งค่าความดันของเครื่องอัดอากาศทุกเครื่องอยู่ที่ 6 – 7 bar สำหรับที่ความดัน 8 bar ทางโรงงานได้ทำการติดตั้งบูสเตอร์เพื่อสร้างความดันจาก 6 – 7 bar เป็น 8 – 9 bar แต่จากการตรวจสอบคุณสมบัติของบูสเตอร์ สามารถที่จะรับความดันตั้งแต่ 5 bar เพื่อสร้างความดันขึ้นเป็น 8 – 9 bar

แนวทางการปรับปรุง

เมื่อทำการปรับปรุงท่อส่งอากาศอัดเพื่อลดความดันตกคร่อม จึงสามารถที่จะปรับลดความดันที่ตัวเครื่องอัดอากาศลงได้อีกประมาณ 0.5 bar

จากการทดสอบค่ากำลังไฟฟ้าที่ความดันต่างๆของเครื่องอัดอากาศ COAIRE รุ่น AS101



รูปที่ 4.17 กราฟค่ากำลังไฟฟ้าที่ความดันต่างๆ ของเครื่อง COAIRE รุ่น AS101

จากการทดลองจะพบว่าที่ความดัน 6 bar เครื่องอัดอากาศจะมีค่ากำลังไฟฟ้า = 73.82 kW และถ้าทำการลดความดันลงเหลือ 5.5 bar ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงเหลือ 71.05 kW คิดเป็นการลดลง3.76%

ผลที่ได้จากการปรับปรุง

สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้อีกประมาณ 3.76%

ฉะนั้นเมื่อทำการปรับปรุงตามมาตรการ 4.7.5 ค่าพลังงานจะลดลงเหลือ

= 156,986.35 – (156,986.35 (3.75/100))

= 151,099.37 kWh/เดือน

4.7.6 การปรับปรุงคุณภาพอากาศอัดและลดความดันตกคร่อมของอุปกรณ์

จากการสำรวจจะพบว่ามีเพียงอาคาร 9 ที่คุณภาพของอากาศอัดไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและยังพบความดันตกคร่อมมากถึง 0.5 bar

แนวทางการปรับปรุง

เนื่องด้วยทางโรงงานต้องการลดจำนวนห้องเครื่องอัดอากาศ จึงต้องทำการออกแบบการวางใหม่ โดยการออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 อาคาร คืออาคาร 1 และอาคาร 9 โดยมีรายละเอียดดังนี้

อาคาร 1 : ทำการติดตั้งเครื่องอัดอากาศตัวใหม่จำนวน 3 เครื่อง เป็นขนาด 75 kW โดยแบ่งเป็นแบบความเร็วรอบคงที่จำนวน 2 เครื่องและแบบมีอินเวอร์เตอร์จำนวน 1 เครื่อง และทำการติดตั้งเครื่อง IR เป็นเครื่องสำรอง สำหรับ Air dryer ย้ายมาจากอาคาร 2 และอาคาร 4 สำหรับ Air dryer ตัวเก่าของอาคาร 1 ย้ายไปอาคาร 9 ทั้งหมด สำหรับชุด Pre filter และ Coalescent filter ย้ายมาจากอาคาร 2 และอาคาร 4 ตามมาด้วยกันเป็นชุด แต่ต้องมีการซื้อ Coalescent filter เพิ่ม 1 ตัว เพราะของเดิมที่ย้ายมาจากอาคาร 4 ไม่มีชุด Coalescent filter

อาคาร 9 : ทำการติดตั้งเครื่องอัดอากาศตัวใหม่จำนวน 2 เครื่อง เป็นขนาด 75 kW เป็นแบบความเร็วรอบคงที่ทั้ง 2 เครื่อง สำหรับ Air dryer ย้ายมาจากอาคาร 1 และเป็นของเดิมที่อยู่ในอาคาร 9 อยู่แล้ว ชุด Pre filter และ Coalescent filter ต้องทำการซื้อใหม่อย่างละ 1 ตัว เพื่อความสะดวกในการติดตั้งเพราะพื้นที่ห้องค่อนข้างแคบ

ตารางที่ 4.7 งบประมาณการลงทุน

มาตรการ	งบประมาณที่ใช้(บาท)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด (kWh)
4.7.1	3,680,000	80,316
4.7.2	360,000	49,955
4.7.3	150,000	0
4.7.4	1,000,000	0

มาตรการ	งบประมาณที่ใช้(บาท)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด (kWh)
4.7.5	0	5,887
4.7.6	120,000	0
รวม	5,310,000	136,158

จากข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย = 3.71 บาท

ฉะนั้นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 136,158 × 3.71 = 505,146 บาท/เดือน

จุดคืนทุน = เงินลงทุน / ผลประหยัด

= 5,310,000 / 505,146

= 10.51 เดือน