



พิรศุขม์ วีระโกเมน

การคำนวณหาอายุค่าพลังงาน และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ในการใช้งาน AIR FILTER ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

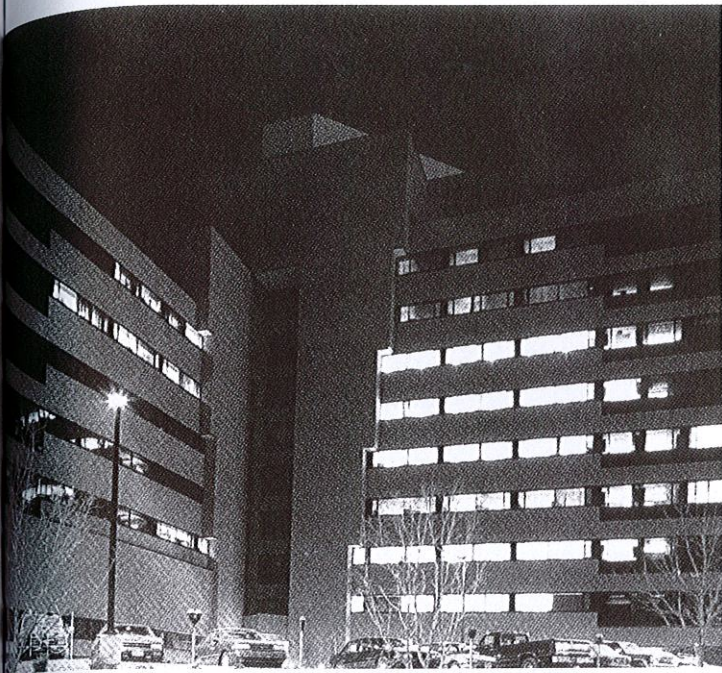
บทนำ

ปัญหาของคุณภาพอากาศ (AIR QUALITY) โดยเฉพาะคุณภาพอากาศภายในอาคาร (INDOOR AIR QUALITY) กำลังเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบ และปรับปรุงระบบปรับอากาศและระบายอากาศเพื่อให้คุณภาพอากาศภายในดีขึ้น ปราศจากมลภาวะต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง และก๊าซพิษต่างๆ ส่งผลให้มีการนำอุปกรณ์กรองอากาศและกรองก๊าซ (AIR FILTER และ GAS ADSORPTION FILTER) มาใช้ในอาคารมากขึ้นเรื่อยๆ

การนำอุปกรณ์กรองอากาศเข้ามาใช้ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ส่งผลให้ความต้านทาน STATIC PRESSURE ของระบบจ่ายลมในระบบสูงขึ้น เพราะอุปกรณ์กรองอากาศดังกล่าวได้เข้ามาขวางทางลม ทำให้ต้องมีการปรับขนาดพัดลม/ปรับ (STATIC PRESSURE ของพัดลมให้สูงขึ้นเพื่อให้ระบบมีอัตราไหลของอากาศ (AIR FLOW) ที่ได้ตามที่ออกแบบไว้

การเพิ่มขึ้นของ STATIC PRESSURE ทำให้พัดลมมอเตอร์ ต้องทำงานหนักขึ้นต้องใช้กำลังงานมากขึ้น ซึ่งหมายถึง “การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นตามลำดับ” ด้วย

บริษัท โกลด์มาร์ก เทคโนโลยี ซัพพลาย จำกัด



บทความนี้จะเสนอการคำนวณพลังงานที่สูญเสียไปจาก STATIC PRESSURE ที่เพิ่มขึ้นของระบบกรองอากาศ การประมาณค่าอายุการใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศ ตัวอย่างการคำนวณและการเปรียบเทียบการใช้งานของ AIR FILTER ชนิดต่างๆ ในเครื่องส่งลมเย็นและการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของระบบกรองอากาศที่แตกต่างกันออกไป

1. การเลือกใช้อุปกรณ์กรองอากาศและกรองก๊าซ

การเลือกใช้อุปกรณ์กรองอากาศที่เหมาะสม จะทำให้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสามารถสร้างสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและคุณภาพอากาศที่ดีได้ ผู้ใช้และผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องทราบก่อนว่า ระดับความสะอาดขนาดไหนที่ต้องการภายในระบบซึ่งในแต่ละสภาพแวดล้อมจะมีความต้องการที่ให้มื่อากาศขณะปฏิบัติงานเป็น CLEAN CLASS 10000 ตามมาตรฐาน FS209E หรือ ISO 7 อาจต้องใช้ FINAL AIR FILTER แบบ HEPA 99.97% @ 0.3 μ ในขณะที่ OFFICE สำนักงานทั่วไปต้องการอากาศที่มีฝุ่นละอองต่ำที่ไม่เกิน 50 μ g ต่ออากาศ ลบ.เมตร อาจใช้ FINAL AIR FILTER เพียง 95% หรือ CLASS F8 ตามมาตรฐาน EN779

2. อายุการใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศ

อายุการใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศเป็นตัวแปรสำคัญอุปกรณ์กรองอากาศที่มีอายุการใช้งานนานกว่า จะมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยน และราคาของอุปกรณ์กรองอากาศต่อหน่วยเวลา (บาทต่อชั่วโมง) น้อยกว่าทำให้คุ้มค่าในการลงทุนมากกว่า

จากสภาพความเป็นจริงในสภาวะแวดล้อม เราไม่สามารถคาดเดาปริมาณฝุ่นละอองได้เพราะแต่ละสถานที่ก็มีสภาวะแวดล้อมต่างกัน อายุการใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศแบบเดียวกันใน 2 สถานที่ที่มีอายุการใช้งานที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการบอกอายุการใช้งานของ Filter จะสามารถบอกได้จากการเก็บสถิติการใช้งานในแต่ละสถานที่ เพื่อนำมาใช้เป็นบรรทัดฐาน

เมื่อทราบอายุการใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศที่ผ่านมาในอดีตเป็นเท่าไร เราจะสามารถนำเวลาการใช้งานดังกล่าวมาเปรียบเทียบได้ว่าอุปกรณ์กรองอากาศใหม่ที่จะเลือกใช้ จะมีอายุการใช้งานเป็นเท่าไร โดยอาศัยหลักการพื้นฐานดังนี้

1. อุปกรณ์กรองอากาศที่จะนำมาเปรียบเทียบมีประสิทธิภาพในการกรองอากาศเท่ากัน
2. สามารถเปรียบเทียบอายุการใช้งานได้ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{สมการที่ 1} \quad S_1 = S_2 (F_1/F_2)^2$$

โดย S_1 = อายุการใช้งานของ Filter # 1
 F_1 = พื้นที่ของตัวกรองอากาศ # 1
 S_2 = อายุการใช้งานของ Filter # 2
 F_2 = พื้นที่ของตัวกรองอากาศ # 2

ตัวอย่าง 1

ระบบปรับอากาศมีการใช้ Air Filter ชนิด "Filter A" ขนาด 24"x24"x12" อายุการใช้งาน 4000 ชม.

มีพื้นที่ของกระดาดกรองโดยรวม 10 ตารางเมตร ถ้านำ "Filter B" มาใช้แทน โดย "Filter B"

มีพื้นที่ของกระดาดกรองโดยรวม 18 ตารางเมตร โดยมีปริมาณลมเท่าเดิม อายุการใช้งานจะอยู่ประมาณ

$$\begin{aligned} A_B &= S_A (F_B/F_A)^2 \\ &= 4000 (18/10)^2 \\ &= 4000 \times 3.24 \\ &= 12,960 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

**พื้นที่ของ Media คือพื้นที่โดยรวมของกระดาดกรองอากาศทั้งหมด สามารถสอบถามได้จากผู้ผลิต Air Filter

ตัวอย่าง 2

ระบบปรับอากาศมีการใช้ Air Filter ชนิด "Filter A" 24"x24"x12" อายุการใช้งาน 4000 ชม. จำนวน 10 ชิ้น

ถ้าขยายขนาด Filter Bank โดยเพิ่มจำนวนเป็น 16 ชั้นโดยมีปริมาณลมเท่าเดิม

อายุการใช้งานจะอยู่ประมาณ

$$\begin{aligned} S_B &= S_A (F_B/F_A)^2 \\ &= 4000 (16/10)^2 \\ &= 4000 \times 2.56 \\ &= 10,240 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

สังเกตได้ว่าอายุการใช้งานของ Air Filter เพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่าในขณะที่ค่าใช้จ่ายสำหรับระบบ Air Filter เพิ่มขึ้นเพียง 60%

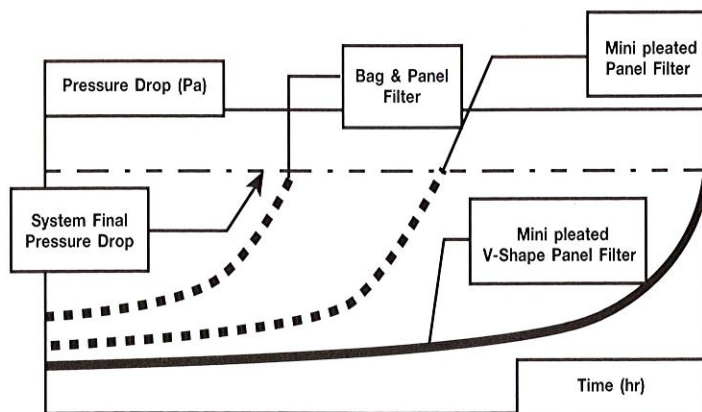
ตัวอย่าง 3

ตารางเปรียบเทียบอายุการใช้งาน Air Filter ชนิดต่างๆ โดยยึด Bag Filter 24"x24"x25" (8 Pocket) 90-95%(F8) จำนวน 1 ชั้น ที่ปริมาณลม 3400 m³/h มีพื้นที่ตัวกรองอากาศ 10 m² เป็นหลักเทียบกับ

- Panel Filter ขนาด 24"x24"x12"
- Mini Pleated Filter ขนาด 24"x24"x4"
- V-Shape Mini Pleated Filter ขนาด 24"x24"x12"

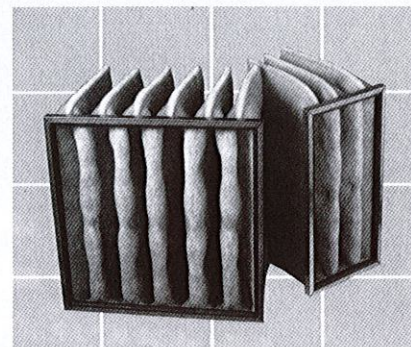
Filter Type	Bag	Panel	Mini Pleated Panel	Minipleated V-Shape
Media Area m ²	10	10	12	18
Service Life (hr)	4000	4000	5760	12960

ตาราง 2.1 : เปรียบเทียบอายุการใช้งานของ Air Filter ชนิดต่างๆ

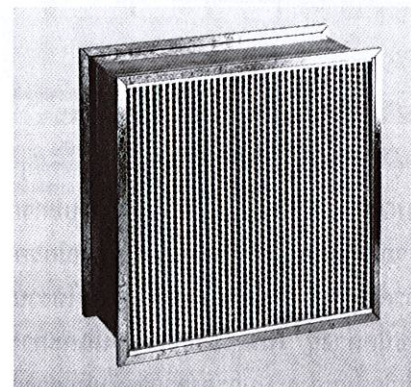


รูป 2.1 : กราฟแสดงเปรียบเทียบอายุการใช้งานของ Air Filter ชนิดต่างๆ โดยเทียบ ความต้านทาน (Static Pressure) กับ เวลาในการใช้งาน

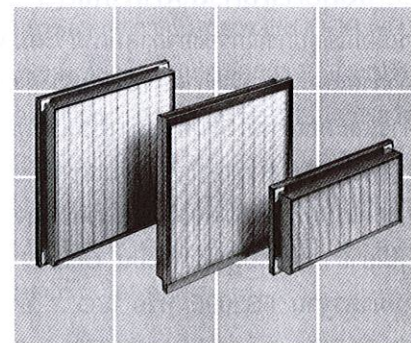
ภาพประกอบเปรียบเทียบแสดงให้เห็นถึง Air Filter ชนิดต่างๆ ที่นำมาเปรียบเทียบ



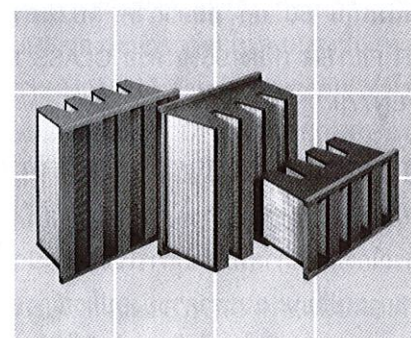
Bag Filter



Panel Filter



Mini Pleated Panel Filter

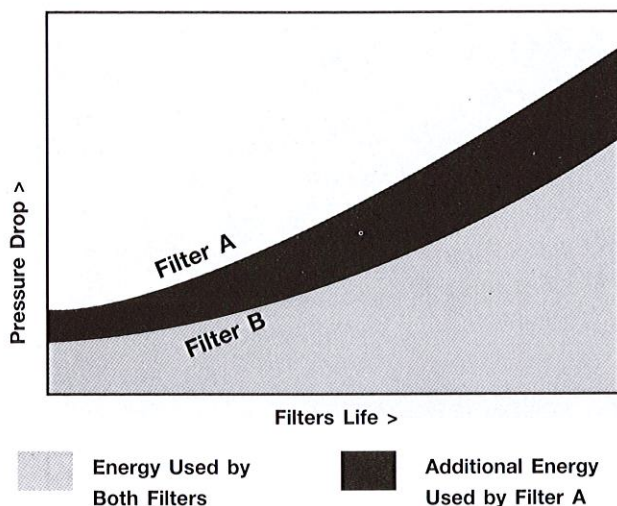


Mini Pleated V-Shape Panel Filter

3. การคำนวณค่าพลังงานที่สูญเสียไปของระบบกรองอากาศ

สิ่งสำคัญที่ต้องทราบคือ “การเคลื่อนอากาศผ่านอุปกรณ์กรองอากาศจะต้องใช้พลังงาน” หากอุปกรณ์กรองอากาศมีความต้านทานอากาศ (Static Pressure) สูงยิ่งต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการเคลื่อนอากาศผ่านอุปกรณ์กรองอากาศ (Air filter) ซึ่งหมายถึง มีความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น มีการใช้พลังงาน (ค่าไฟฟ้า) ได้เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการใช้งานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ทำให้ต้องมีการควบคุมและนำพลังงานมาใช้อย่างคุ้มค่า

การใช้พลังงานของอุปกรณ์กรองอากาศ (Air Filter) สามารถแสดงให้เห็นได้โดยกราฟดังนี้



กราฟดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบอายุใช้งานของอุปกรณ์กรองอากาศ 2 ชนิด ที่มีความต้านทานเริ่มต้นต่างกัน การคิดพลังงานที่ใช้ของแต่ละอุปกรณ์กรองอากาศสามารถคิดได้โดยการหาพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งตามความเป็นจริงเราไม่สามารถหาสมการของกราฟที่แน่นอนได้ จึงต้องใช้วิธีคำนวณจากค่าเฉลี่ย

จากกราฟจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์กรองอากาศที่มีความต้านทานต่ำกว่า B จะใช้พลังงานต่ำกว่าและมีอายุการใช้งานที่ยาวกว่า A

สำหรับการคำนวณค่าพลังงานเราสามารถหาค่าเฉลี่ยมาคิดโดยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

สมการที่ 2

$$E = \frac{P_E \times V \times T \times P_{avg}}{1000 \times 3600 \times n}$$

โดยที่

E = ค่าพลังงาน หน่วย บาท

P_E = ราคาของพลังงานต่อ 1 kWh หน่วย บาท/kWh

$$Kwh = \frac{V \times T \times P_{avg}}{1000 \times 3600 \times n}$$

V = ปริมาณลม หน่วย M^3/h

t = เวลาที่ใช้งาน หน่วย ชั่วโมง

η = $\eta_m \times \eta_d \times \eta_f$

η_m = ประสิทธิภาพของมอเตอร์

η_d = ประสิทธิภาพของชุดขับเคลื่อนสายพานและ pulley

η_f = ประสิทธิภาพของพัดลม ณ จุดใช้งาน

$$P_{avg} = \frac{P_{ini} + P_{fin}}{2} \text{ หน่วย Pa}$$

ค่าความต้านทานเฉลี่ย

P_{ini} = ค่า Static Pressure เริ่มต้น

P_{fin} = ค่า Static Pressure สิ้นสุดของระบบ

ตัวอย่าง 4

ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานที่สูญเสียไปของระบบต่อ 1 ปี

◆ Filter ชนิด Bag filter ขนาด 24"x24"x22" 8 pocket

◆ ปริมาณลม 3400 CMH $\eta_m = 0.98$

◆ การใช้งาน 4000 hr/ปี $\eta_t = 0.7$

◆ P initial 120 Pa $\eta_d = 0.9$

◆ P fin 450 Pa

◆ ค่าไฟ = 2.5 บาทต่อ kWh

อายุการใช้งานของฟิวเตอร์เดิม 1 ปี

$$P_{avg} = \frac{120 + 450}{2}$$

$$= 285 \text{ Pa}$$

$$\eta = 0.98 \times 0.7 \times 0.9 = 0.62$$

$$E = \frac{2.5 \times 3400 \times 4000 \times 285}{0.62 \times 1000 \times 3600}$$

$$= \frac{9.69 \times 10^9}{2.232 \times 10^6}$$

$$= 4,341.39 \text{ บาท (1,736 kw)}$$



สำหรับการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของระบบกรอง
อากาศ 2 ระบบ สามารถใช้ ΔP_{ini} แทน P_{avg}

โดย

$$\Delta P_{ini} = P_{ini,1} - P_{ini,2}$$

$P_{ini,1}$ = ค่า Static pressure
เริ่มต้นระบบที่ 1

$P_{ini,2}$ = ค่า Static pressure
เริ่มต้นระบบที่ 2

ค่า E ที่หาได้

ค่า $E > 0$ ระบบ 1 จะใช้พลังงานมากกว่าระบบที่ 2

ค่า $E < 0$ ระบบ 1 จะใช้พลังงานน้อยกว่าระบบที่ 2

ตัวอย่าง 5

เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงาน

	Bag Filter	Panel Filter	Minipleated Panel	Minipleated V-Shape
P_{ini} (Pa)	120	110	100	70
E (บาท)	4,341.39	4,264.40	4,188.25	3,959.80

การคิดค่าใช้จ่ายในการใช้งานอุปกรณ์กรองอากาศต่อปี

ตารางต่อไปนี้จะใช้ในการคิดเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้งานอุปกรณ์กรองอากาศใน 1 ปี

โครงการ _____ ตำแหน่ง/สถานที่ _____
 ปริมาณลม _____ A/CMHเวลาใช้งานต่อปี _____ B ชั่วโมง

ชนิดของ Filter	BAG	Panel	MINI	MINI V	หน่วย
ความต้านทาน เริ่มต้น P_{ini}	120	110	100	70	Pa
สิ้นสุด P_{fm}	450	450	450	450	Pa
เฉลี่ย P_{avg}	285	280	275	260	Pa
พื้นที่ตัวกรอง Service Life, S_2^*	10	10	12	18	SQ.M
อายุการใช้งาน	4000	4000	5760	12960	Hr.
ประสิทธิภาพ	-				
Arrestance	เท่ากัน				%
Efficiency	เท่ากัน				%
เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยน	1	1	1	1	Hr.
จำนวนครั้งในการเปลี่ยนต่อปี	1	1	0.7	0.3	ครั้ง
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่อปี					
อุปกรณ์ filter ต่อ ครั้ง	3000	4000	4000	6000	บาท
Filter ต่อปี	3000	4000	2,777	1,851	บาท
ค่าติดตั้งเริ่มต้น	-	-	-	-	บาท
อื่น ๆ	-	-	-	-	บาท
รวม	3000	4000	2,777	1,851	บาท
ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน					
วัสดุอุปกรณ์	500	500	350	150	บาท
ค่าแรง 100 บาท/ชั่วโมง	100	100	70	30	บาท
ค่าไฟ E^*	4341.39	4264.40	4188.25	3959.80	บาท
อื่น ๆ	-	-	-	-	บาท
รวมค่าแรง	-	-	-	-	บาท
ค่าเสื่อมราคาติดตั้ง _____ % (U)	-	-	-	-	บาท
รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและใช้งานต่อปี	7941.39	8864.40	7385.25	5990.80	บาท

โดย SL และ E สามารถหาได้จากการหาค่าพลังงานโดยเฉลี่ยต่อปี (สมการที่ 1 และสมการที่ 2)

สรุป

การเลือกระบบกรองอากาศควรจะต้องพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้งและใช้งานระบบด้วย เพื่อให้การใช้พลังงานและวัตถุดิบในการผลิต และปฏิบัติงานเป็นไปอย่างคุ้มค่าที่สุดสำหรับระบบของท่าน การคิดคำนวณค่าต่างๆ ที่ได้แนะนำในรายงานฉบับนี้เป็นเพียงส่วนประกอบที่ใช้ในการพิจารณาซึ่งหวังว่าจะให้ประโยชน์และช่วยนำเสนอข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ระบบกรองอากาศได้ดีขึ้น

บรรณานุกรม

- * Luwa Ultrafilters Introduction to high efficiency air filtration โดย Luwa
- * NAFA GUIDE TO AIR FILTRATION โดย National Air Filtration Association

ผู้แต่ง

- * นายพิรศุภมภ์ วีระโกเมน
- * นายเทอดศักดิ์ กังวาลยศศักดิ์

