

QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP

1. GIỚI THIỆU	1
2. CÁC LOẠI QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP	6
3. ĐÁNH GIÁ QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP.....	11
4. CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ	14
5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP.....	19
6. CÁC BẢNG TÍNH.....	20
7. TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	23

1. GIỚI THIỆU

Phần này nói về các đặc điểm chính của quạt và quạt cao áp

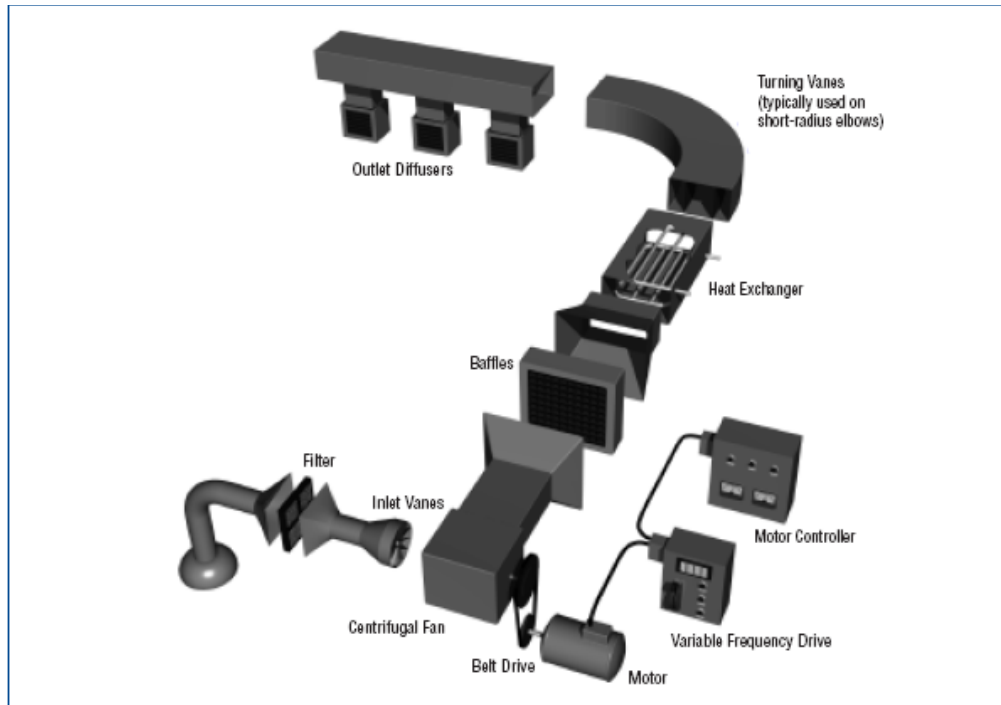
1.1 Quạt và quạt cao áp là gì?

Hầu hết các dây chuyền sản xuất sử dụng quạt và quạt cao áp để thông gió và cho các quy trình công nghiệp cần sử dụng dòng khí. Hệ thống quạt rất cần thiết để giữ quy trình sản xuất hoạt động. Hệ thống quạt bao gồm một quạt, một động cơ điện, một hệ thống điều khiển, đường ống, thiết bị kiểm soát lưu lượng, và thiết bị điều hòa không khí (bộ lọc, dàn làm mát, bộ trao đổi nhiệt, vv...). Hình 1 minh họa một hệ thống quạt. Cơ quan Năng lượng của Mỹ ước tính, 15% điện trong ngành công nghiệp sản xuất của Mỹ được sử dụng cho động cơ. Tương tự như vậy, trong ngành thương mại, điện sử dụng cho động cơ quạt chiếm một phần lớn trong chi phí năng lượng cho điều hoà không gian văn phòng. (US DOE, 1989).

Quạt, quạt cao áp và máy nén khác nhau ở phương pháp sử dụng để chuyển dịch không khí, và ở áp suất hệ thống. Tổ chức Hiệp hội các kỹ sư cơ khí của Mỹ (ASME) sử dụng những tỷ số riêng, là tỷ số của áp suất đẩy trên áp suất hút, để định nghĩa quạt, quạt cao áp và máy nén (xem bảng 1).

Bảng 1: Sự khác biệt giữa quạt, quạt cao áp và máy nén (Ganasean)

Thiết bị	Tỷ số riêng	Tăng áp suất(mmWg)
Quạt	Lên tới 1,11	1136
Quạt cao áp	1,11 tới 1,20	1136 –2066
Máy nén	hơn 1,20	-



Hình 1: Các thiết bị trong hệ thống quạt điện hình (US DOE, 1989)

1.2 Các thuật ngữ và định nghĩa quan trọng

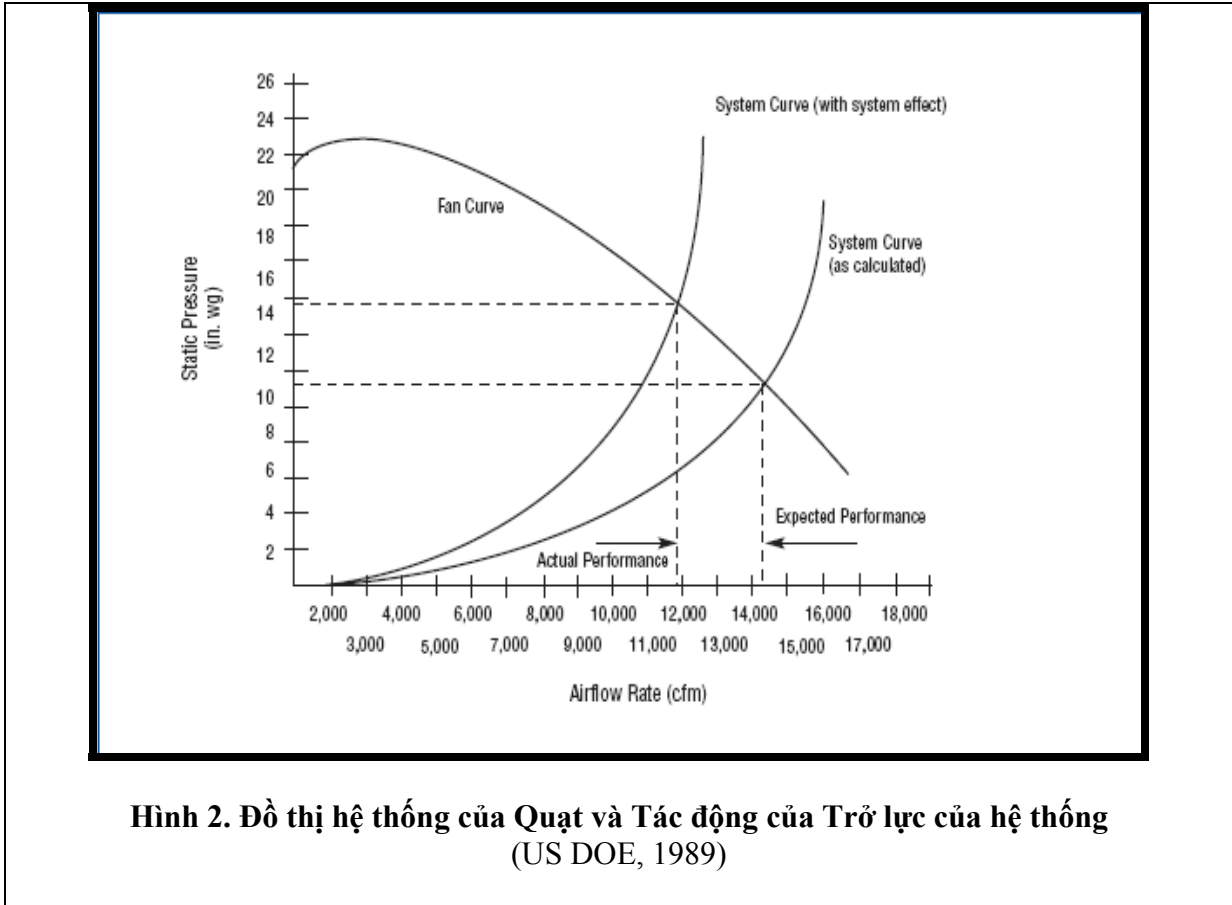
Trước khi đi vào phần các loại quạt và quạt cao áp, cần nói rõ về các thuật ngữ và định nghĩa quan trọng.¹

1.2.1 Các đặc tính của hệ thống

Thuật ngữ “trở lực của hệ thống” được sử dụng khi nói tới áp suất tĩnh. Trở lực của hệ thống là tổng mức tổn thất áp suất tĩnh trong hệ thống. Trở lực của hệ thống là hàm số của các thành phần gồm đường ống, ống gom, cút và sục áp ở thiết bị, ví dụ như bộ lọc bụi túi hoặc xyclon. Trở lực của hệ thống tỉ lệ bậc hai với lưu lượng khí qua hệ thống. Với một lưu lượng khí cho trước, quạt trong hệ thống có các đường ống hẹp và các cút bán kính nhỏ sẽ phải làm việc với tải nặng hơn để vượt qua được trở lực lớn hơn của hệ thống so với hệ thống quạt có các ống lớn hơn và có số lượng tối thiểu các cút bán kính lớn. Những ống dài hẹp với nhiều đoạn gấp khúc, xoắn sẽ tốn nhiều năng lượng hơn để hút khí qua ống. Kết quả là, với một tốc độ quạt cho trước, quạt trong hệ thống này sẽ hút được ít khí hơn so với quạt trong hệ thống ngắn và không có các cút. Vì vậy, trở lực của hệ thống tăng đáng kể khi lưu lượng khí qua hệ thống tăng, tỷ lệ bậc hai với lưu lượng khí.

Ngược lại, trở lực giảm khi lưu lượng giảm. Vì vậy, để xác định lưu lượng quạt tạo ra, cần phải biết được các đặc tính về trở lực của hệ thống. Với các hệ thống đã có, có thể đo được trở lực của hệ thống. Ở những hệ thống đã được thiết kế nhưng chưa lắp đặt, cần tính trở lực của hệ thống. Biểu hình, đồ thị về trở lực của hệ thống (xem hình 2) được tạo ra với các mức lưu lượng khác nhau trên trục X và với trở lực tương ứng trên trục Y.

¹ Trừ hình 2, Phần 1.2 được lấy toàn bộ từ Tài liệu Hướng dẫn Sử dụng năng lượng hiệu quả (2004), Chương 5, trang 93-112, với sự cho phép của Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, chính phủ Ấn Độ.

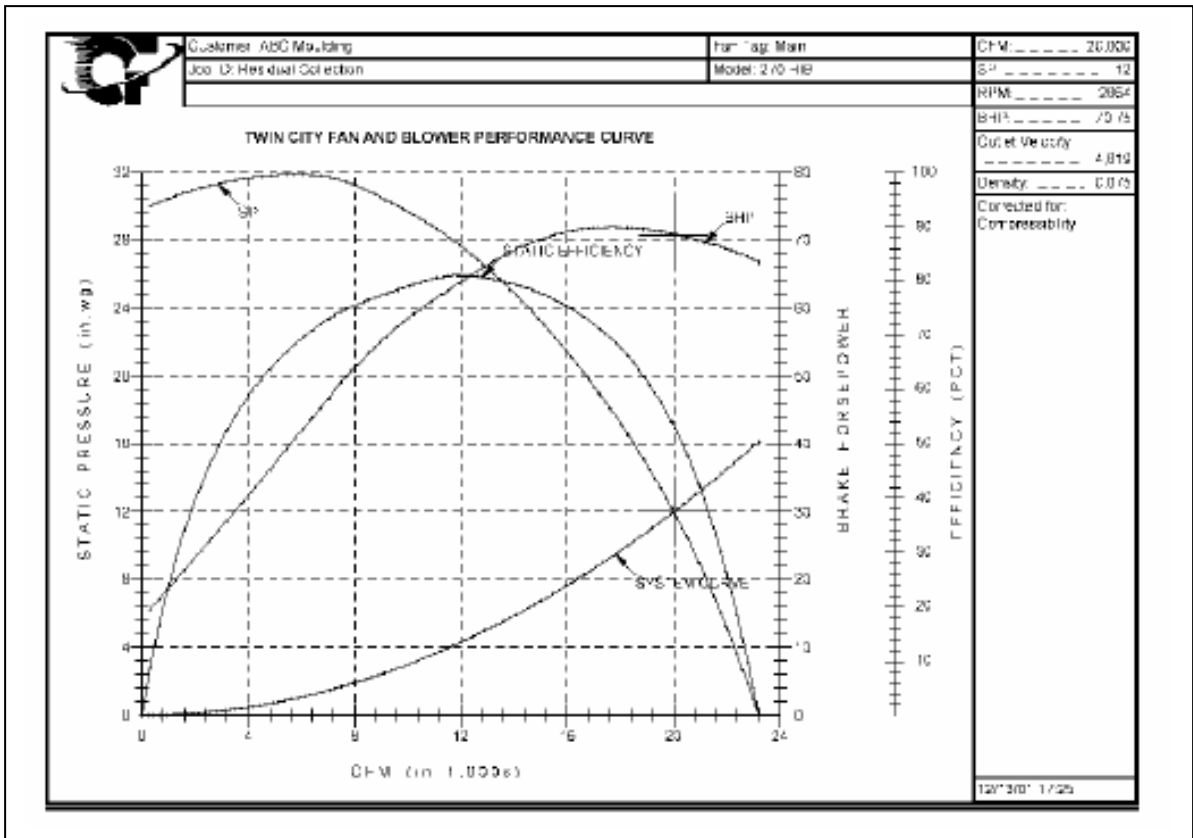


Hình 2. Đồ thị hệ thống của Quạt và Tác động của Trở lực của hệ thống (US DOE, 1989)

1.2.2 Các đặc tính kỹ thuật của quạt

Các đặc tính kỹ thuật của quạt được minh họa bằng các đường đặc tính của quạt. Đường tính của quạt là đường cong làm việc của quạt dưới tập hợp điều kiện nhất định. Đường đặc tính của quạt là biểu diễn bằng đồ thị của một số thông số phụ thuộc lẫn nhau. Thông thường, đồ thị này được xây dựng dựa trên một tập hợp điều kiện bao gồm: lưu lượng của quạt, áp suất tĩnh của hệ thống, tốc độ quạt, công suất cần thiết để chạy quạt với những điều kiện đã đưa ra. Một số đường đặc tính quạt có thể bao gồm cả một đường cong hiệu suất để người thiết kế hệ thống biết được tại điểm nào trên đường đặc tính, quạt sẽ hoạt động theo những điều kiện đã chọn. (xem hình 3). Trong số rất nhiều đường cong cho trong hình 3, đường áp suất tĩnh theo lưu lượng đóng vai trò rất quan trọng.

Giao điểm giữa đường đặc tính của hệ thống và đường đặc tính áp suất tĩnh quyết định điểm làm việc. Khi trở lực của hệ thống thay đổi, điểm làm việc cũng thay đổi. Khi điểm làm việc đã được cố định, có thể xác định công suất yêu cầu bằng cách tìm trên đường thẳng song song với trục tung đi qua điểm làm việc tới giao điểm với đường đặc tính công suất (BHP). Đường nằm ngang qua giao điểm với đường công suất sẽ dẫn tới công suất yêu cầu trên trục tung bên phải. Trên những đường đặc tính đã vẽ cũng thể hiện hiệu suất quạt.



Hình 3. Đồ thị hiệu suất quạt (BEE India, 2004)

1.2.3 Các đặc tính của hệ thống và đồ thị quạt

Với bất cứ hệ thống quạt nào, trở lực với dòng khí (áp suất) sẽ tăng khi lưu lượng khí tăng. Như đã nói trên, trở lực tỉ lệ với bậc hai của lưu lượng. Có thể xác định được áp suất hệ thống cần ở những mức lưu lượng khác nhau và có thể vẽ “đường đặc tính hiệu suất của hệ thống” (gọi là SC) (xem hình 4).

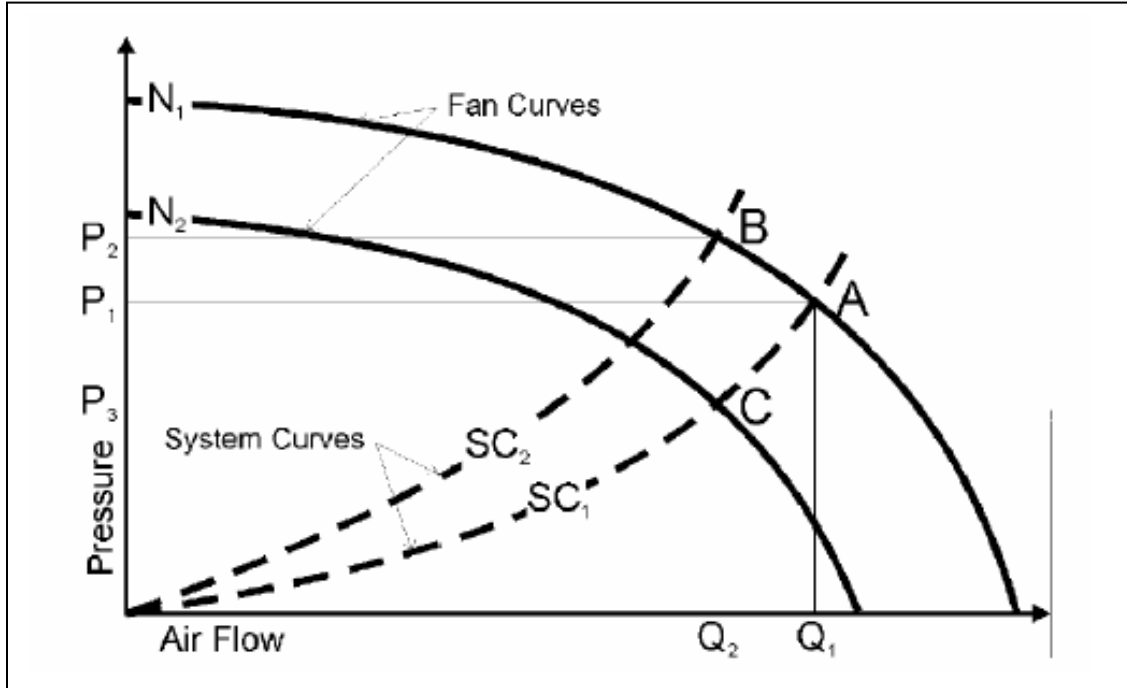
Đường đồ thị của hệ thống có thể được vẽ trong phần đồ thị của quạt để chỉ ra điểm “A” là điểm hoạt động trên thực tế của quạt, tại đó hai đường cong (N_1 and SC_1) giao nhau. Điểm hoạt động này có lưu lượng khí Q_1 với áp suất P_1 . Một quạt hoạt động ở hiệu suất do nhà cung cấp đưa ra cho một tốc độ quạt cụ thể. (Đồ thị hiệu suất của quạt cho thấy đường đặc tính hiệu suất ứng với các seri quạt). Ở tốc độ quạt N_1 , quạt sẽ hoạt động dọc theo đường cong hiệu suất N_1 cho trong hình 4. Điểm hoạt động trên thực tế của quạt trên đường cong này phụ thuộc vào trở lực của hệ thống; tại điểm “A” hoạt động của quạt là lưu lượng (Q_1) và áp suất (P_1).

Có hai phương pháp để giảm lưu lượng khí từ Q_1 xuống Q_2 :

- Phương pháp thứ nhất là giới hạn lưu lượng khí bằng cách đóng một phần van tiết lưu của hệ thống. Cách này sẽ tạo ra đường đồ thị hiệu suất của hệ thống mới (SC_2) tại đó áp suất yêu sẽ lớn hơn đối với bất cứ lưu lượng nào. Quạt sẽ hoạt động ở điểm "B" tạo ra lưu lượng cần thấp hơn Q_2 với áp suất cao hơn, P_2 .

Thiết bị sử dụng điện: Quạt và Quạt cao áp

- Phương pháp thứ hai để giảm lưu lượng là giảm tốc độ từ N_1 xuống N_2 , giữ van mở hoàn toàn. Quạt sẽ hoạt động tại điểm "C" tạo ra lưu lượng Q_2 tương tự, nhưng ở áp suất thấp hơn, P_3 . Vì vậy, giảm tốc độ quạt là phương pháp hiệu quả hơn để giảm lưu lượng vì yêu cầu công suất thấp hơn và tiêu thụ ít năng lượng hơn.



1.2.4 Các định luật về quạt

Quạt hoạt động theo một tập hợp các định luật có thể đoán trước liên quan đến tốc độ, công suất và áp suất. Mỗi thay đổi về tốc độ (vòng/phút) của quạt sẽ thay đổi có thể đoán được về thay đổi áp suất đẩy và công suất yêu cầu để quạt hoạt động với tốc độ mới. Hình 5 minh họa điều này.

Flow \propto Speed	Pressure \propto (Speed) ²	Power \propto (Speed) ³
$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$	$\frac{SP_1}{SP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$	$\frac{kW_1}{kW_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$
<p><i>Varying the RPM by 10% decreases or increases air delivery by 10%.</i></p>	<p><i>Reducing the RPM by 10% decreases the static pressure by 19% and an increase in RPM by 10% increases the static pressure by 21%.</i></p>	<p><i>Reducing the RPM by 10% decreases the power requirement by 27% and an increase in RPM by 10% increases the power requirement by 33%.</i></p>
<p>Where Q – flow, SP – Static Pressure, kW – Power and N – speed (RPM)</p>		

Hình 5. Tốc độ, áp suất và công suất của quạt (BEE India, 2004)

2. CÁC LOẠI QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP

Phần này tóm tắt về các loại quạt và quạt cao áp.

2.1 Các loại quạt

Có hai loại quạt. Quạt ly tâm sử dụng một bánh công tác quay để dịch chuyển dòng khí theo phương tiếp tuyến với bánh công tác. Quạt hướng trục dịch chuyển dòng khí dọc theo trục quạt.

2.1.1 Quạt ly tâm

Quạt ly tâm (Hình 6) tăng tốc độ của một dòng khí bằng bánh công tác. Tốc độ tăng liên tục tới khi đến cuối cánh dẫn và chuyển thành áp suất. Những quạt loại này có thể tạo ra áp suất cao, phù hợp với các điều kiện hoạt động khắc nghiệt, như hệ thống làm việc ở nhiệt độ cao, độ ẩm hoặc dòng khí bẩn, vv... Quạt ly tâm được phân loại dựa trên hình dáng cánh quạt, được tóm tắt trong bảng 2.

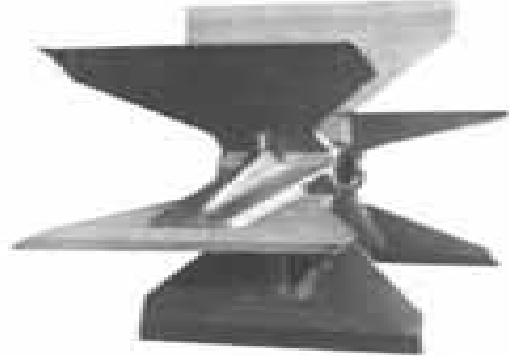
Bảng 2. Đặc tính của các loại quạt ly tâm khác nhau (theo US DOE, 1989)

Loại quạt và cánh quạt	Ưu điểm	Nhược điểm
Quạt ly tâm với cánh bằng toả tròn (Hình 7)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thích hợp với áp suất tĩnh cao (lên tới 1400 mmWC) và nhiệt độ cao ▪ Thiết kế đơn giản, phù hợp với các thiết bị ứng dụng chuyên dụng. ▪ Có thể hoạt động ở lưu lượng thấp mà không bị rung động lớn ▪ Độ bền cao ▪ Hiệu suất đạt 75% ▪ Có khoảng hở bánh công tác - vỏ quạt lớn, thích hợp với những dòng khí có lẫn hạt rắn (bụi, mẫu gỗ, và mẫu kim loại) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chỉ thích hợp với tốc độ lưu lượng thấp-trung bình
Quạt cánh cong nghiêng về phía trước, với các cánh quạt cong hướng về phía trước (Hình 8)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Có thể dịch chuyển lưu lượng khí lớn với áp suất thấp ▪ Kích thước tương đối nhỏ ▪ Độ ồn thấp (do tốc độ chậm) và phù hợp với các thiết bị ứng dụng điều hoà không khí, gia nhiệt, thông gió 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chỉ phù hợp với các thiết bị ứng dụng dịch vụ làm sạch mà không ở áp suất cao và điều kiện khắc nghiệt ▪ Khó điều chỉnh chính xác năng suất quạt ▪ Cần lựa chọn kỹ phần dẫn động để tránh trường hợp quá tải động cơ vì đường đặc tính công suất tăng nhanh theo lưu lượng. ▪ Hiệu suất năng lượng tương đối thấp (55-65%)
Quạt dốc về phía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Có thể hoạt động với áp suất tĩnh thay đổi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Không phù hợp với dòng khí

Loại quạt và cánh quạt	Ưu điểm	Nhược điểm
sau, với các cánh nghiêng về phía sau hướng với hướng quay: cánh bằng, cánh cong, và cánh nâng (Hình 9)	(và không làm động cơ quá tải) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Phù hợp khi hệ thống hoạt động ở lưu lượng khí cao và không ổn định ▪ Thích hợp với ứng dụng thông gió cưỡng bức ▪ Quạt cánh bằng vững chắc hơn ▪ Quạt cánh cong hiệu quả hơn (hơn 85%) ▪ Quạt cánh nâng mỏng là hiệu quả nhất 	bắn (vì hình dạng quạt gây tích tụ bụi trên cánh) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quạt cánh nâng kém ổn định hơn do lực nâng tạo bởi mỗi cánh có thể chênh lệch ▪ Quạt cánh nâng mỏng chóng mòn



Hình 6. Quạt ly tâm
(FanAir Company)



Hình 7. Quạt ly tâm
cánh toả tròn (Canadian Blower)



Hình 8. Quạt cánh cong nghiêng về phía trước
(Canadian Blower)



Hình 9. Quạt nghiêng về phía sau
(Canadian Blower)

2.1.2 Quạt hướng trục

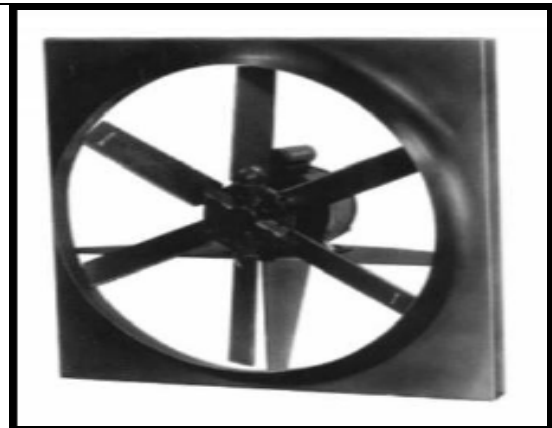
Quạt hướng trục (Hình 10) dịch chuyển dòng khí dọc theo trục quay của quạt. Loại quạt này có thể so sánh với cánh quạt của máy bay: Cánh quạt tạo ra lực nâng khí động đẩy dòng không khí. Quạt loại này phổ biến trong công nghiệp vì chúng rẻ và gọn nhẹ. Các loại quạt hướng trục chính (quạt đẩy, quạt hướng trục dạng ống và quạt hướng trục dạng cánh gạt) được tóm tắt trong bảng 3.

Bảng 3. Đặc tính của các loại quạt hướng trục khác nhau (theo US DOE, 1989)

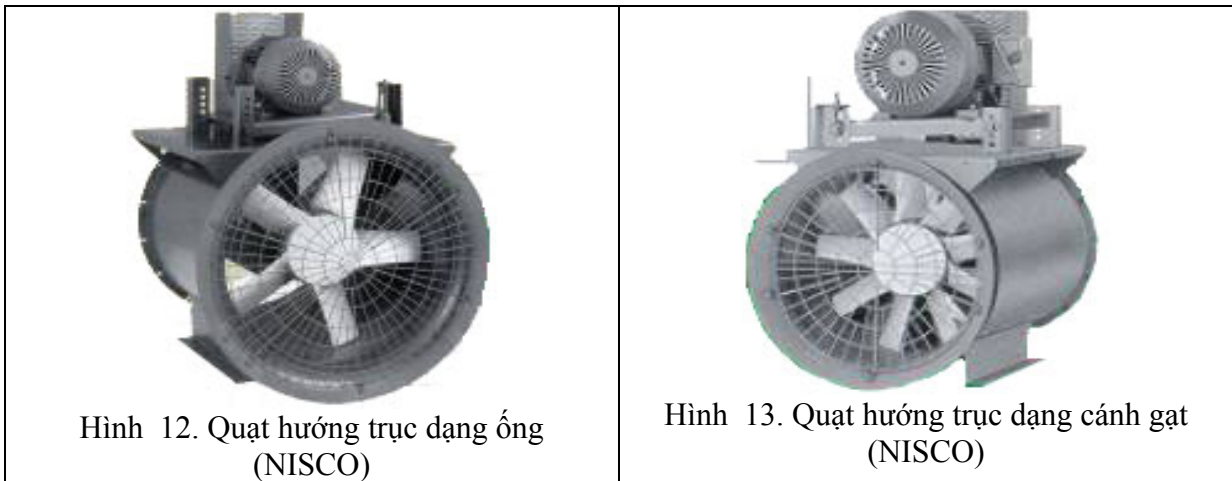
Loại quạt và cánh quạt	Ưu điểm	Nhược điểm
Quạt dây (Hình 11)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tạo ra tốc độ lưu lượng cao hơn ở áp suất thấp ▪ Không lắp với các đường ống dài (vì tạo ra áp suất thấp) ▪ Rẻ tiền nhờ cấu tạo đơn giản ▪ Đạt hiệu suất tối đa, với áp suất đẩy gần bằng áp suất khí quyển, và thường được sử dụng cho các ứng dụng thông gió trên mái nhà, xưởng ▪ Có thể tạo ra dòng ngược chiều, rất thích hợp với các ứng dụng thông gió 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hiệu quả sử dụng năng lượng tương đối thấp ▪ Khá ồn
Quạt hướng trục dạng ống, một quạt dây được đặt trong xy lanh (Hình 12)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áp suất cao hơn và hiệu suất cao hơn quạt dây ▪ Thích hợp với áp suất trung bình, các thiết bị ứng dụng tốc độ dòng cao, v.d các lắp đặt HVAC ▪ Có thể nhanh chóng tăng lên tới tốc độ định mức (nhờ khối lượng quay thấp) và tạo ra lưu lượng ngược chiều, phù hợp với rất nhiều thiết bị ứng dụng thông gió ▪ Tạo áp suất đủ để vượt qua được những tổn thất đường ống và hiệu quả không gian, thích hợp với những thiết bị ứng dụng xả khí 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tương đối đắt ▪ Tiếng ồn trung bình ▪ Hiệu quả sử dụng năng lượng tương đối thấp (65%)
quạt hướng trục dạng cánh gạt (Hình 13)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thích hợp với áp suất trung bình - cao (lên tới 500 mm cột nước), như quạt cấp liệu ở lò hơi ▪ Có thể nhanh chóng tăng lên tới tốc độ định mức (nhờ khối lượng quay thấp) và tạo ra lưu lượng ngược chiều, phù hợp với rất nhiều thiết bị ứng dụng thông gió ▪ Thích hợp nối trực tiếp với trục của động cơ ▪ Sử dụng năng lượng hiệu quả nhất (lên tới 85% nếu được trang bị với quạt cánh nâng và khoảng hở nhỏ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tương đối đắt so với quạt dây



Hình 10. Quạt hướng trục (NISCO)



Hình 11. Quạt dây (FanAir Company)



2.2 Các loại quạt cao áp

Quạt cao áp có thể đạt được áp suất cao hơn quạt rất nhiều, lên đến $1,20 \text{ kg/cm}^2$. Chúng cũng được sử dụng để tạo ra áp suất âm cho hệ thống chân không công nghiệp. Quạt cao áp ly tâm và quạt cao áp thể tích là hai loại quạt cao áp chính, được mô tả dưới đây.²

2.2.1 Quạt cao áp ly tâm

Quạt cao áp ly tâm trông giống như bơm ly tâm hơn là quạt. Bánh công tác là loại được truyền động bằng bánh răng và quay với tốc độ 15.000 vòng/phút. Ở quạt cao áp nhiều cấp, không khí được gia tốc khi đi qua mỗi bánh công tác. Ở quạt cao áp một cấp, không khí không quay nhiều vòng vì vậy hiệu quả cao hơn.

Quạt cao áp ly tâm thường hoạt động với áp suất $0,35 - 0,70 \text{ kg/cm}^2$, nhưng cũng có thể đạt áp suất cao hơn. Một đặc điểm là lưu lượng khí có xu hướng giảm nhanh khi áp suất hệ thống tăng, đây có thể là nhược điểm ở những hệ thống vận tải vật liệu phụ thuộc vào lưu lượng khí ổn định. Vì vậy, quạt cao áp ly tâm thường được sử dụng nhiều nhất ở các thiết bị khó bị tắc nghẽn.



² Phần 2.2 dựa trên Tài liệu Hướng dẫn sử dụng năng lượng hiệu quả (2004), Chương 5, trang 93-112, với sự đồng ý của Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, Chính phủ Ấn Độ
Hướng dẫn sử dụng năng lượng hiệu quả trong ngành công nghiệp Châu Á –
www.energyefficiencyasia.org © UNEP

Hình 14. Quạt cao áp ly tâm (FanAir Company)

2.2.2 Quạt cao áp thể tích

Quạt cao áp thể tích có các rôto “bẫy” không khí và đẩy theo thành vỏ quạt. Những quạt cao áp này cung cấp lưu lượng khí không đổi kể cả khi áp suất hệ thống thay đổi. Quạt cao áp loại này đặc biệt thích hợp với những hệ thống dễ bị tắc nghẽn, vì nó có thể tạo ra áp suất đủ (thường lên tới $1,25 \text{ kg/cm}^2$) để thổi bỏ những tạp chất làm tắc nghẽn. Chúng quay chậm hơn nhiều so với quạt cao áp ly tâm (v.d. 3.600 vòng/phút) và thường dùng bộ truyền đai để thực hiện thay đổi tốc độ.

3. ĐÁNH GIÁ QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP

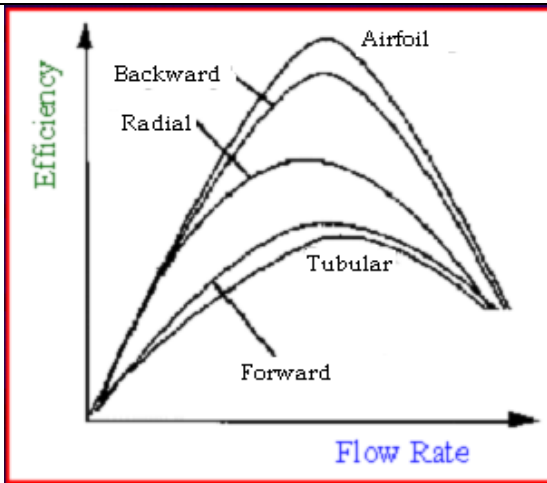
Phần này nói về cách đánh giá hiệu suất của quạt và có thể được áp dụng với quạt cao áp.³

3.1 Hiệu suất/kết quả hoạt động của quạt là gì?

Hiệu suất của quạt là tỉ số giữa công suất truyền cho dòng khí (công suất hữu ích) và công suất do động cơ cung cấp cho quạt (công suất toàn phần). Công suất của dòng khí là tích số của áp suất và lưu lượng, được hiệu chỉnh để đạt được nhất quán về thứ nguyên.

Một thuật ngữ khác về hiệu suất thường được sử dụng ở quạt là hiệu suất tĩnh, sử dụng áp suất tĩnh thay cho áp suất toàn phần để đánh giá hiệu suất. Khi đánh giá hiệu suất của quạt, cần biết xem thuật ngữ nào về hiệu suất đang được sử dụng.

Hiệu suất quạt phụ thuộc vào loại quạt và bánh công tác. Khi lưu lượng tăng, hiệu suất tăng lên đến một mức nhất định (“hiệu suất đỉnh”) rồi giảm xuống khi lưu lượng tiếp tục tăng thêm (xem hình 15). Hiệu suất đỉnh thay đổi với các loại quạt ly tâm và hướng trục được cho trong bảng 2.



Hình 14. Hiệu suất theo lưu tốc (BEE India, 2004)

Type of fan	Peak Efficiency Range
Centrifugal Fan	
Airfoil, backward curved/inclined	79-83
Modified radial	72-79
Radial	69-75
Pressure blower	58-68
Forward curved	60-65
Axial fan	
Vanaxial	78-85
Tubeaxial	67-72
Propeller	45-50

Bảng 4. Hiệu suất của các loại quạt khác nhau (BEE India, 2004)

Hiệu suất quạt thường được đánh giá bằng một đồ thị cho thấy các mức áp suất khác nhau do quạt tạo ra và công suất yêu cầu tương ứng. Thông thường, các nhà sản xuất cung cấp những đường đặc tính hiệu suất của quạt. Rất cần hiểu rõ mối quan hệ này để thiết kế, tìm chọn và vận hành hệ thống quạt và là yếu tố then chốt trong việc lựa chọn quạt tối ưu.

³ Phần 3 dựa trên tài liệu *Hướng dẫn Sử dụng năng lượng hiệu quả* (2004), Chương 5, trang 93-112, với sự cho phép của Cục Sử dụng năng lượng hiệu quả, chính phủ Ấn Độ
Hướng dẫn sử dụng năng lượng hiệu quả trong ngành công nghiệp Châu Á –
www.energyefficiencyasia.org © UNEP

3.2 Phương pháp luận đánh giá hiệu suất của quạt

Trước khi tính toán hiệu suất của quạt, cần đo các thông số hoạt động, bao gồm vận tốc dòng khí, cột áp, nhiệt độ dòng khí trên quạt và công suất đầu vào của động cơ điện. Để có được những số liệu chính xác, cần chú ý các yếu tố sau:

- Quạt và các thành phần liên quan đang hoạt động ở tốc độ định mức.
- Hoạt động trong các điều kiện ổn định về nhiệt độ, mật độ, trở lực hệ thống, vv....

Dưới đây là một số bước đánh giá hiệu suất quạt

Bước 1: tính toán tỷ trọng khí

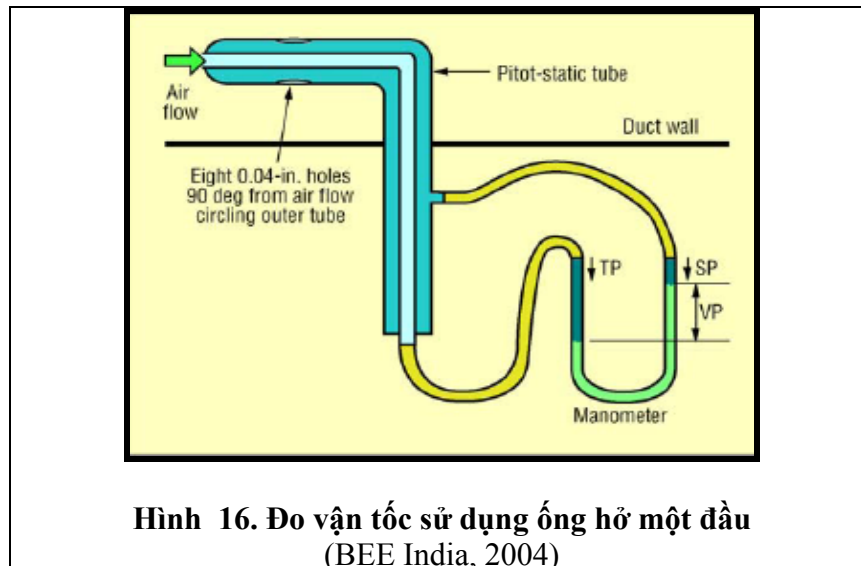
Bước đầu tiên là tính toán tỷ trọng khí sử dụng phương trình dưới đây:

$$\text{Tỷ trọng khí } (\gamma) = \frac{273 \times 1,293}{273 + t^{\circ}\text{C}}$$

Trong đó, $t^{\circ}\text{C}$ = Nhiệt độ của khí tại khu vực lắp quạt

Bước 2: Đo vận tốc khí và tính vận tốc khí trung bình

Có thể đo vận tốc khí với một ống hở một đầu và áp kế, hoặc thiết bị cảm ứng lưu lượng (công cụ chênh áp), hoặc máy đo tốc độ gió chính xác. Hình 15 mô tả cách đo áp suất động bằng cách sử dụng ống hở một đầu và một áp kế. Áp suất toàn phần được đo nhờ sử dụng ống trong của ống hở một đầu còn áp suất tĩnh đo bằng ống ngoài của ống hở một đầu. Nói ống trong và ống ngoài với áp kế, ta đo được áp suất động (là chênh áp giữa áp suất toàn phần và áp suất tĩnh). Để đo vận tốc thấp, nên sử dụng một áp kế dốc thay vì áp kế hình chữ U. Thông tin thêm về áp kế xem trong phần Thiết bị đo.



Tính vận tốc khí trung bình bằng cách lấy các giá trị áp suất động đo được qua mặt cắt của ống, sử dụng phương trình sau (lưu ý: không lấy trung bình áp suất động mà lấy trung bình vận tốc!):

$$\text{Velocity } v, \text{ m/s} = \frac{C_p \times \sqrt{2 \times 9.81 \times \Delta p \times \gamma}}{\gamma}$$

Trong đó:

C_p = Hằng số ống, 0,85 hoặc do nhà sản xuất cung cấp

Δp = Áp suất chênh lệch trung bình đo với ống hở một đầu bằng cách đo tại một số điểm trên toàn bộ tiết diện của ống.

γ = Mật độ không khí hoặc khí tại điều kiện kiểm tra

Bước 3: tính toán mức lưu thông thể tích

Bước thứ ba là tính toán mức lưu thông thể tích, như sau:

- Tính đường kính ống (hoặc chu vi từ đó ước tính ra đường kính).
- Tính toán lưu lượng khí/không khí trong ống, theo mỗi tương quan sau

$$\text{Volumetric flow } (Q), \text{ m}^3 / \text{sec} = \text{Velocity } V (\text{m/sec}) \times \text{Area } (\text{m}^2)$$

Bước 4: Đo công suất của động cơ truyền động

Công suất của động cơ truyền động (kW) có thể được đo bằng thiết bị phân tích tải. Công suất này nhân với hiệu suất động cơ sẽ ra công suất hữu dụng của quạt.

Bước 5: Tính hiệu suất quạt

Hiệu suất cơ và hiệu suất tĩnh của quạt tính như sau:

a). Hiệu suất cơ:

$$\text{Fan Mechanical Efficiency } (\eta_{\text{mechanical}}), \% = \frac{\text{Volume in m}^3 / \text{sec} * \Delta p (\text{total pressure}) \text{ in mmWC}}{102 * \text{power input to fan shaft in kW}} \times 100$$

b) Hiệu suất tĩnh, tương tự trên ngoại trừ áp suất động đầu ra không đưa vào áp suất tĩnh của quạt.

$$\text{Fan Static Efficiency } (\eta_{\text{static}}), \% = \frac{\text{Volume in m}^3 / \text{sec} * \Delta p (\text{static pressure}) \text{ in mmWC}}{102 * \text{power input to fan shaft in kW}} \times 100$$

3.3 Những khó khăn trong việc đánh giá hiệu suất của quạt và quạt cao áp

Trên thực tế, khi đánh giá hiệu suất của quạt và quạt cao áp thường hay gặp phải một số vấn đề sau:

- **Không có các dữ liệu về thông số của quạt:** Các thông số của quạt (xem bảng tính 1) rất cần thiết đối với việc đánh giá hiệu suất của động cơ. Phần lớn các doanh nghiệp không lưu trữ các dữ liệu này một cách hệ thống hoặc không có dữ liệu này. Trong trường hợp đó, khó có thể đánh giá chính xác tỷ lệ phần trăm tải liên quan đến lưu lượng hoặc áp suất. Các thông số của quạt phải được thu thập từ nhà sản xuất thiết bị và lưu trữ.
- **Khó khăn trong việc đo vận tốc:** Đo vận tốc trên thực tế là một nhiệm vụ khó khăn trong đánh giá hiệu suất của quạt. Trong hầu hết các trường hợp, vị trí ống gây khó khăn cho việc đo, có khi không thể xem xét ống ở cả hai phía. Khi đó, áp suất động có thể đo ở giữa ống và điều chỉnh bằng cách nhân với hệ số 0,9.
- **Hiệu chuẩn (Calibration) ống hở đầu, áp kế, máy đo tốc độ gió và các thiết bị đo không chuẩn:** Cần hiệu chuẩn tất cả các thiết bị đo, kể cả dụng cụ đo công suất để tránh đánh giá quạt và quạt cao áp không chính xác. Không nên thực hiện đánh giá bằng cách áp dụng hệ số điều chỉnh để bù lại việc sai số đo.
- **Biến động của các thông số quá trình trong khi kiểm tra:** Nếu có sự biến động lớn các thông số quá trình đo được trong khi đo kiểm, kết quả đánh giá hiệu suất sẽ trở nên kém tin cậy.

4. CÁC GIẢI PHÁP SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG HIỆU QUẢ

Phần này nêu các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả cho quạt và quạt cao áp.

4.1 Chọn quạt thích hợp

Khi lựa chọn quạt cần chú ý đến các yếu tố sau (US DOE, 1989):

- Tiếng ồn
- Tốc độ quay
- Các đặc tính dòng khí
- Dải nhiệt độ
- Biến động trong điều kiện hoạt động
- Hạn chế về không gian và sơ đồ bố trí hệ thống
- Chi phí mua sắm, chi phí vận hành (quyết định bởi hiệu suất và bảo trì), tuổi thọ hoạt động

Trên nguyên tắc chung, cần biết rằng để nâng cao hiệu suất của hệ thống quạt, các chuyên gia thiết kế và cán bộ vận hành phải nắm rõ chức năng của các thiết bị trong hệ thống. Cách “tiếp cận hệ thống” đòi hỏi phải biết được sự tương tác giữa các quạt với các thiết bị hỗ trợ hoạt động của quạt, và với các thiết bị mà quạt phục vụ. Sử dụng “tiếp cận hệ thống” trong quá trình lựa chọn quạt sẽ giúp mang lại một hệ thống bớt ồn hơn, hiệu quả hơn và đáng tin cậy hơn.

Một vấn đề thường gặp là các công ty mua quạt quá lớn cho nhu cầu sử dụng. Quạt quá lớn sẽ không hoạt động ở điểm đạt hiệu suất tối đa (BEP) và trong một số trường hợp, các quạt này hoạt động không ổn định do điểm làm việc trên đường đặc tính áp suất-lưu lượng của

quạt. Sử dụng quạt quá lớn gây tốn thêm năng lượng, tiếng ồn khí cao và tăng ứng suất của quạt và hệ thống. Hậu quả là, quạt quá cỡ không chỉ có chi phí đầu tư và vận hành đắt hơn mà chúng còn gây ra các trục trặc hệ thống. Các giải pháp khả thi bao gồm: thay thế quạt, thay thế động cơ, hoặc sử dụng động cơ điều khiển vô cấp.

4.2 Giảm trở lực của hệ thống

Phần 1.2 đã nói về đồ thị trở lực của hệ thống và đồ thị quạt. Quạt làm việc tại điểm mà đường đặc tính trở lực của hệ thống cắt đường đặc tính quạt. Trở lực của hệ thống đóng vai trò quan trọng trong việc xác định hiệu suất và hoạt động của quạt. Trở lực của hệ thống cũng thay đổi tùy theo quy trình. Ví dụ như, việc cặn bám hoặc ăn mòn trong ống làm thay đổi trở lực của hệ thống. Trong một số trường hợp, thay đổi thiết bị, cải tạo đường ống cũng làm chuyển dịch đáng kể điểm hoạt động, làm giảm hiệu suất (xem hình 2). Trong trường hợp đó, để duy trì hiệu suất của quạt như trước, cần phải thay quạt.

Vì vậy, cần thường xuyên kiểm tra trở lực của hệ thống, và kiểm tra kỹ hơn khi có dự định cải tạo, và phải thực hiện các biện pháp để duy trì hoạt động hiệu quả của quạt.

4.3 Hoạt động ở gần điểm đạt hiệu suất tối đa

Phần trước đã đề cập rằng hiệu suất quạt tăng khi lưu lượng tăng tới một điểm nhất định rồi giảm khi lưu lượng tăng thêm. Điểm đạt hiệu suất tối đa được gọi là hiệu suất đỉnh hoặc “Điểm đạt hiệu suất tối đa” (BEP). Thông thường, điểm này gần với năng suất định mức của quạt ứng với tốc độ thiết kế nhất định và trở lực hệ thống. Sai lệch đối với điểm đạt hiệu suất tối đa sẽ làm tăng tổn thất và giảm hiệu suất.

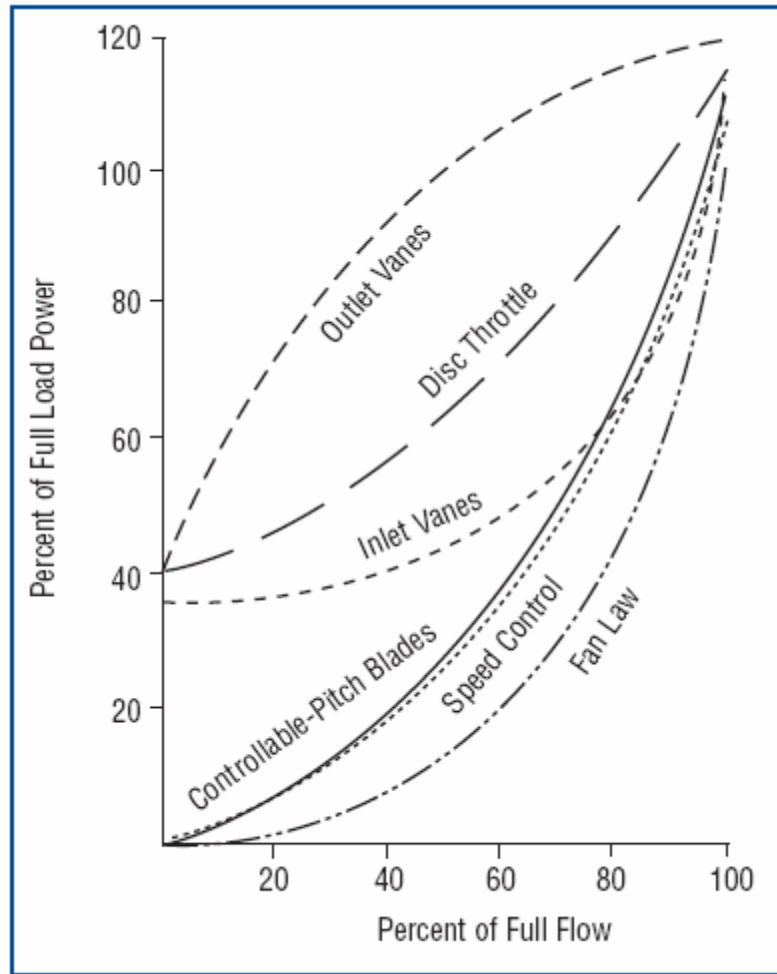
4.4 Thường xuyên bảo trì quạt

Để duy trì mức độ hiệu suất của quạt, cần bảo trì thường xuyên. Các hoạt động bảo trì bao gồm (US DOE, 1989):

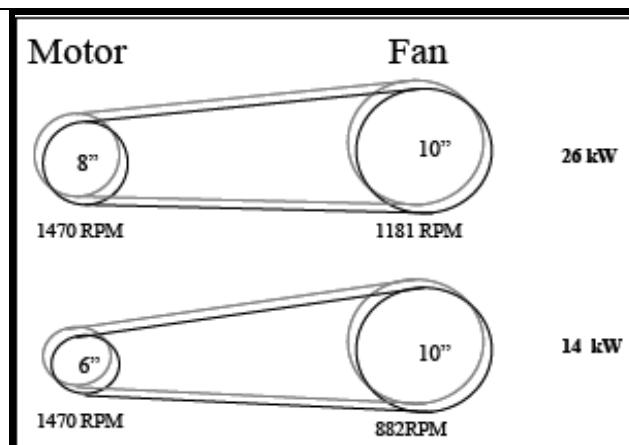
- Kiểm tra định kỳ tất cả các cấu thành của hệ thống
- Bôi trơn và thay thế ổ đỡ
- Căng đai và thay dây đai
- Sửa chữa hoặc thay động cơ
- Làm sạch quạt

4.5 Điều chỉnh lưu lượng khí

Thông thường, quạt đã lắp đặt hoạt động ở tốc độ không đổi. Nhưng trong một số tình huống, tốc độ quạt có thể thay đổi, ví dụ như cần thêm lưu lượng khí khi đường ống mới được bổ sung, hoặc cần ít lưu lượng khí hơn vì quạt quá cỡ. Có một số cách để giảm hoặc điều chỉnh lưu lượng khí của quạt. Những cách này được tóm tắt trong bảng 5 kèm theo so sánh công suất đầy tải ứng với lưu lượng tối đa (%) với các giải pháp kiểm soát lưu lượng khác nhau (hình 17).



Hình 17. Mức tiêu thụ công suất tương ứng với các giải pháp điều chỉnh lưu lượng (US DOE, 1989)



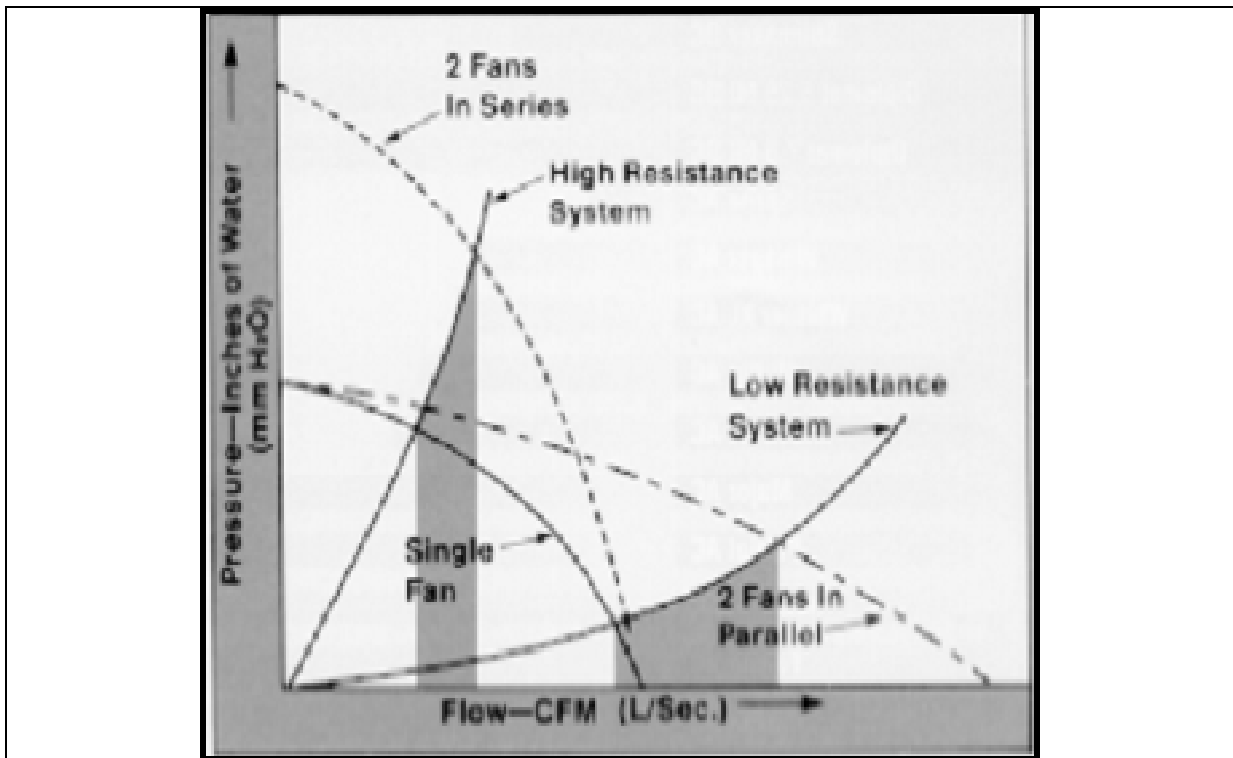
Hình 18. Thay đổi kích thước puli (BEE India, 2004)

Bảng 5. So sánh các phương pháp khác nhau để điều chỉnh lưu lượng quạt (theo DOE, 1989, and BEE, 2004)

Loại điều chỉnh lưu lượng	Ưu điểm	Nhược điểm
Thay đổi puli: giảm kích thước puli truyền động/động cơ	<ul style="list-style-type: none"> Tốc độ giảm ổn định Giảm sử dụng năng lượng (xem ví dụ hình 18: mỗi mức giảm 2 inch của puli sẽ giúp tiết kiệm 12 kW) 	<ul style="list-style-type: none"> Quạt có thể hoạt động với những thay đổi tốc độ Quạt phải được dẫn động bởi bộ truyền đai chữ V hoặc bởi động cơ
Van tiết lưu: giảm lưu lượng và tăng áp suất dòng khí cấp của quạt	<ul style="list-style-type: none"> Rẻ tiền Dễ lắp đặt 	<ul style="list-style-type: none"> Cho phép điều chỉnh nhưng hạn chế Giảm lưu lượng nhưng không giảm tiêu thụ năng lượng Chi phí vận hành và bảo trì cao hơn
Cánh hướng dòng: tạo ra dòng xoáy cùng chiều quay của quạt, thu hẹp góc giữa khí vào và cánh quạt, nhờ vậy giảm tải, áp suất và lưu lượng của quạt	<ul style="list-style-type: none"> Nâng cao hiệu suất quạt vì giúp giảm cả tải quạt và lưu lượng khí cấp Hiệu quả về mặt chi phí khi điều chỉnh lưu lượng dòng khí trong khoảng 80-100% lưu lượng tối đa. 	<ul style="list-style-type: none"> Kém hiệu quả hơn với lưu lượng khí thấp hơn 80% lưu lượng tối đa
Quạt điều chỉnh góc nghiêng cánh: chỉnh góc nghiêng giữa khí vào và cánh quạt bằng cách nghiêng các cánh quạt, nhờ vậy giảm cả tải động cơ và lưu lượng khí	<ul style="list-style-type: none"> Có thể duy trì hiệu suất cao của quạt trong một dải các điều kiện hoạt động rộng. Tránh được vấn đề cộng hưởng nhờ duy trì tốc độ quay bình thường Có thể hoạt động trong điều kiện tải không tải tới đầy tải mà không có vấn đề gì. 	<ul style="list-style-type: none"> Chỉ áp dụng được với một số quạt hướng trục. Bị bám bụi bẩn nếu các chất bẩn tích tụ trong bộ tác động cơ khí điều khiển góc nghiêng cánh cánh Hoạt động ở mức tải thấp trong một thời gian dài sẽ làm giảm hệ số công suất và hiệu suất động cơ, do đó làm mất lợi thế về hiệu suất và có nguy cơ bị phạt hệ số cosφ thấp
Bộ điều khiển tốc độ vô cấp (VSD): giảm tốc độ quạt cho phù hợp với mức giảm lưu lượng yêu cầu <ul style="list-style-type: none"> Các bộ điều khiển tốc độ vô cấp cơ: li hợp thủy lực, khớp nối thủy lực, bánh đai và dây đai điều chỉnh được Các bộ điều khiển tốc độ vô cấp điện: dòng điện xoáy, bộ điều khiển động cơ rôto dây quấn, và bộ điều khiển biến tần (VFDs: thay đổi tốc độ 	<ul style="list-style-type: none"> Là cách điều chỉnh lưu lượng hiệu quả nhất. Cho phép điều chỉnh tốc độ quạt trong một dải liên tục <p>Với các bộ điều khiển tốc độ vô cấp:</p> <ul style="list-style-type: none"> Điều chỉnh lưu lượng dễ dàng và hiệu quả Nâng cao hiệu suất của quạt trong dải điều kiện hoạt động rộng Có thể lắp với những động cơ nhỏ gọn đang có. Không có trục trặc do đọng bụi Giảm tổn thất năng lượng và chi phí nhờ giảm lưu lượng tổng của cả hệ thống 	<ul style="list-style-type: none"> Các bộ điều khiển tốc độ vô cấp cơ khí dễ gặp vấn đề bám bụi bẩn. Chi phí đầu tư ban đầu lớn

Thiết bị sử dụng điện: Quạt và Quạt cao áp

Loại điều chỉnh lưu lượng	Ưu điểm	Nhược điểm
quay của quạt bằng cách điều chỉnh tần số điện (cung cấp)		
Bơm đa cấp	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Điều chỉnh lưu lượng hiệu quả ▪ Thích hợp nếu chỉ cần hai tốc độ cố định 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cần chuyển từ tốc độ này sang tốc độ khác ▪ Chi phí đầu tư có thể là một trở ngại
Van tiết lưu đĩa: thay đổi độ rộng của bánh công tác với dòng khí	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Thiết kế đơn giản 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chỉ khả thi với một số thiết bị ứng dụng
Vận hành quạt song song: dùng hai quạt song song thay vì dùng một chiếc lớn	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hiệu suất cao với các thay đổi lớn về nhu cầu của hệ thống ▪ Dự thừa quạt giúp giảm khả năng phải ngừng hoạt động vì trục trặc hoặc bảo trì ngoài dự kiến ▪ Hai quạt nhỏ hơn sẽ rẻ hơn và có hiệu suất cao hơn một quạt lớn tương đương. ▪ Có thể sử dụng với các cách điều chỉnh lưu lượng khác để tăng mức độ linh hoạt và độ tin cậy 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chỉ áp dụng khi quạt có thể hoạt động với trở lực thấp trong điều kiện trở lực rất thấp, gần bằng áp suất khí quyển (Xem hình 19)
Vận hành quạt nối tiếp: sử dụng nhiều quạt theo cách sắp xếp hút-đẩy	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Áp suất ống trung bình thấp hơn ▪ Giảm tiếng ồn ▪ Giảm yêu cầu hỗ trợ về cấu trúc và điện. ▪ Thích hợp với các hệ thống ống dài, sụt áp giữa các thành phần trong hệ thống lớn, hoặc trở lực lớn 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Không thích hợp với hệ thống có trở lực thấp (Xem hình 19)



5. DANH SÁCH SÀNG LỌC GIẢI PHÁP

Phần này nêu các giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả quan trọng nhất

- Sử dụng đường ống tròn, nhằm để lấy khí vào
- Tránh phân phối lưu lượng kém ở bộ phận vào của quạt
- Giảm thiểu vật cản ở bộ phận vào và ra của quạt
- Thường xuyên làm sạch màng, bộ lọc và cánh quạt
- Giảm thiểu tốc độ quạt
- Sử dụng dây curoa phẳng hoặc trượt thấp để truyền công suất
- Thường xuyên kiểm tra độ căng của dây curoa
- Loại bỏ các puli bánh răng biến đổi
- Sử dụng bộ điều khiển tốc độ vô cấp cho những tải quạt biến đổi
- Sử dụng động cơ hiệu quả về mặt năng lượng cho những vận hành liên tục hoặc gần như liên tục
- Loại bỏ rò rỉ trong đường ống
- Giảm thiểu chỗ uốn trong đường ống
- Tắt quạt và quạt cao áp khi không cần thiết
- Giảm tốc độ quạt bằng cách điều chỉnh đường kính puli với động cơ quá cỡ
- Sử dụng cánh hướng dòng thay cho điều chỉnh bằng van xả
- Thay bánh công tác bằng nhựa gia cố thuỷ tinh/kim loại bằng bánh công tác FRP có hiệu quả sử dụng năng lượng cao hơn với thiết kế như ở máy bay
- Cố gắng vận hành quạt ở gần mức hiệu suất tối đa (BEP)
- Giảm tổn thất truyền tải bằng cách sử dụng các đai phẳng có hiệu quả sử dụng năng lượng cao hoặc đai hình thang có gờ thay cho loại đai hình thang truyền thống.
- Giảm thiểu trở lực của hệ thống và sụt áp bằng cách cải tạo hệ thống ống
- Đảm bảo độ đồng trục giữa hệ thống truyền động và bộ điều khiển
- Đảm bảo chất lượng điện cung cấp cho bộ điều khiển động cơ
- Thường xuyên kiểm tra độ rung để dự đoán những hỏng hóc như do ổ đỡ, không đồng trục, mất cân bằng, lỏng lẻo ở vị trí đặt, vv...

6. CÁC BẢNG TÍNH

Phần này bao gồm các bảng tính sau:

- Thông số kỹ thuật của quạt và quạt cao áp
- Tính toán hiệu suất quạt và quạt cao áp

Bảng tính #1: THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP

STT	Thông số	Đơn vị	Quạt/ quạt cao áp		
			1	2	3
1	Hình dáng				
2	Loại (Dọc trục/Ly tâm)				
3	Lưu lượng xả	M ³ /h			
4	Cột áp tạo ra	MmWc			
5	Xử lý chất lưu				
6	Mật độ chất lưu	Kg/m ³			
7	Hàm lượng bụi	Mg/m ³			
8	Nhiệt độ chất lưu	⁰ C			
9	Kiểu điều khiển lưu lượng				
10	Dải điều khiển lưu lượng	%			
11	Công suất vào của quạt	KW			
12	Tốc độ quạt	Vòng/phút			
13	Hiệu suất định mức của quạt	%			
14	Công suất tiêu thụ cụ thể	KW/(m ³ /h)			
15	Động cơ quạt				
	Công suất định mức	KW			
	Dòng đầy tải	Ampe			
	Tốc độ định mức	Vòng/phút			
	Điện áp cấp	Vôn			
	Hiệu suất định mức	%			
	Hệ số công suất định mức				
	Tần số cấp	HZ			
16	Loại ổ đỡ				
	Quạt (Đầu không dẫn động)				
	Quạt (Đầu dẫn động)				
	Động cơ (Đầu không dẫn động)				
	Động cơ (Đầu dẫn động)				
17	Cấp bôi trơn				

Bảng tính 2: TÍNH TOÁN HIỆU SUẤT CỦA QUẠT VÀ QUẠT CAO ÁP

STT	Thông số	Đơn vị	Quạt/ quạt cao áp		
			1	2	3
1	Lưu lượng chất lưu (trung bình) (Q) (đo bằng ống hở một đầu tại bộ phận xả của quạt)	m ³ /s			
2	Áp suất hút (đo ở đầu vào của quạt sử dụng áp kế kiểu ống chữ U)	mmWC			
3	Áp suất đẩy (đo ở bộ phận xả của quạt sử dụng áp kế kiểu ống chữ U)	mmWC			
4	Tổng áp suất tĩnh (ΔP) [3–4]	mmWC			
5	Tổng áp suất chênh lệch (dP) (đo bằng ống hở một đầu bằng cách đo tại một số điểm trên mặt cách ngang ống)	mmWC			
6	Hằng số ống hở một đầu (Cp)				
7	Diện tích mặt cắt ngang ống (A)	M ²			
8	Nhiệt độ của môi trường lỏng (đo tại bộ phận vào của quạt bằng nhiệt kế)	⁰ C			
9	Mật độ môi trường lỏng (r) (lấy từ số liệu chuẩn và hiệu chỉnh với nhiệt độ hoạt động/điều kiện áp suất)	kg/m ³			
10	Công suất vào của động cơ (P) (đo tại cơ cấu chuyển mạch sử dụng tấm panen hoặc đồng hồ đo năng lượng cầm tay/bộ phân tích năng lượng)	kW			
11	Công suất vào trực (P1) (P x hiệu suất động cơ X hiệu suất truyền tải)	%			
12	Tần số cung cấp	Hz			
13	Công suất vào của bơm	kW			
14	Vận tốc khí/không khí (V) [= (Cp x $\sqrt{(2 \times 9,81 \times d \times P \times r)}$)]/r	m/ s			
15	Tốc độ dòng (Q) (= V x A)	m ³ / s			
16	Hiệu suất cơ học của quạt (ηF) (Q x ΔP)/(102 x P1) x 100	%			
17	Tiêu thụ công suất cụ thể (P/Q)	kW/(m ³ / s)			
18	% Tải động cơ theo trọng số công suất	%			
19	% tải quạt theo trọng số lưu lượng	%			
20	% tải quạt theo trọng số tổng áp suất	%			

Thiết bị sử dụng điện: Quạt và Quạt cao áp

	tính				
--	------	--	--	--	--

Thiết bị sử dụng điện: Quạt và Quạt cao áp

7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

Những nguồn tài liệu sử dụng trong chương này:

Bureau of Energy Efficiency (BEE), Government of India. *Energy Efficiency Guide Book*, chapter 5, p 93-112. 2004

Canadian Blower. *Industrial Fans and Blowers*,
www.canadianblower.com/blowers/index.html

FanAir Company, *product presentation*. www.fanair.com/products.pdf

Ganasean, Indian Institute of Technology. *Fans, Pumps and Compressors*

Northern Industrial Supply Company (NISCO), *Products – Fans and Blowers*, New York
Blowers. www.nisco.net/nyb.html

US Department of Energy (US DOE), Energy Efficiency and Renewable Energy, 1989.
Improving Fan System Performance – a sourcebook for industry
www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/fan_sourcebook.pdf

Copyright:

Copyright © United Nations Environment Programme (year 2006)

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or any other commercial purpose whatsoever without prior permission from the United Nations Environment Programme.

Bản quyền

Copyright © Chương trình môi trường liên hợp quốc (năm 2006)

Ấn bản này có thể tái xuất bản toàn bộ hoặc một phần và cho bất kỳ mục đích giáo dục hay phi lợi nhuận nào mà không có sự cho phép đặc biệt từ người giữ bản quyền với điều kiện phải nêu nguồn của ấn bản. UNEP mong rằng sẽ nhận được bản sao của bất kỳ ấn bản nào có sử dụng ấn bản này như nguồn thông tin. Không sử dụng ấn bản này để bán lại hay cho bất kỳ mục đích thương mại nào khác mà không có sự cho phép trước đó từ Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc

Disclaimer:

This energy equipment module was prepared as part of the project "Greenhouse Gas Emission Reduction from Industry in Asia and the Pacific" (GERIAP) by the National Productivity Council, India. While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct and properly referenced, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents, and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication, including its translation into other languages than English. This is the translated version from the chapter in English, and does not constitute an official United Nations publication.

Khuyến cáo:

Môđun thiết bị năng lượng này được thực hiện là một phần của dự án "Giảm Phát Thái Khí Nhà Kính từ Hoạt Động Công Nghiệp ở Khu vực Châu Á và Thái Bình Dương" (GERIAP) bởi Ủy ban Năng suất Quốc gia Ấn Độ. Mặc dù đã cố gắng nhiều để đảm bảo nội dung của báo cáo này là chính xác và phù hợp để tham khảo, UNEP không có trách nhiệm về tính chính xác hay hoàn thiện của nội dung và sẽ không chịu trách nhiệm về bất kỳ mất mát hay thiệt hại mà có thể liên quan trực tiếp hay gián tiếp cho việc sử dụng hay dựa vào nội dung của báo cáo này gây ra, bao gồm cả bản dịch sang các thứ tiếng khác ngoài tiếng Anh. Đây là bản dịch từ chương bằng tiếng Anh và không là ấn bản chính thức của Liên hợp quốc.