BỘ CÔNG THƯƠNG

EMBASSY OF DENMARK
Hanoi

Danish Energy Agency

CẨM NANG CÔNG NGHỆ

TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG QUẠT VÀ MÁY THỔI CÔNG NGHIỆP

Hà Nội, 2025

CẨM NANG CÔNG NGHỆ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG QUẠT VÀ MÁY THỔI CÔNG NGHIỆP

Tài liệu được xây dựng với sự hợp tác của:

Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương

Cục Năng lượng Đan Mạch

Viegand Maagøe

LỜI CẢM ƠN

Cẩm nang công nghệ tiết kiệm năng lượng trong hệ thống quạt và máy thổi công nghiệp là tài liệu được xây dựng trong khuôn khổ Hợp phần 3 - Phát triển carbon thấp trong ngành công nghiệp của Chương trình Hợp tác Đối tác Năng lượng Việt Nam – Đan Mạch giai đoạn 2020-2025 (DEPP3). Tài liệu do Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương phối hợp với Cục Năng lượng Đan Mạch thực hiện, với sự hỗ trợ của Đại sứ quán Đan Mạch tại Hà Nội.

Bản quyền

Nội dung thông tin trong tài liệu này có thể được tự do sử dụng, chia sẻ hoặc tái bản, nhưng phải trích dẫn đầy đủ nguồn thông tin, trừ trường hợp có quy định khác. Các trích dẫn (tiếng Việt) cần được ghi chú như sau: *Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công (Bộ Công Thương) & Cục Năng lượng Đan Mạch: Cẩm nang công nghệ tiết kiệm năng lượng trong hệ thống quạt và máy thổi công nghiệp*.

Liên hệ

Cục Đổi mới sáng tạo, Chuyển đổi xanh và Khuyến công, Bộ Công Thương

Địa chỉ: 54 Hai Bà Trưng, Phường Cửa Nam, Hà Nội

MỤC ĐÍCH VÀ NỘI DUNG CỦA CẨM NANG

Mục đích chung của Cẩm nang này là mô tả các giải pháp và biện pháp cần lưu ý khi lập kế hoạch và mua mới các quạt hoặc máy thổi cỡ lớn cho hệ thống khí thải, quạt công nghiệp, v.v. hoặc khi lập kế hoạch cải tạo các hệ thống hiện có.

Cẩm nang này nhằm cung cấp kiến thức về các vấn đề liên quan đến hiệu quả năng lượng của các quạt và máy thổi cỡ lớn được sử dụng trong các hệ thống khí thải, quy trình sấy, vận chuyển vật liệu, v.v. Cẩm nang này không bao gồm nội dung liên quan đến hệ thống sưởi ấm, thông gió và điều hòa không khí (HVAC) và hệ thống thông gió phòng.

Ngoài các vấn đề về hiệu quả năng lượng, Cẩm nang cũng cung cấp kiến thức để chuẩn bị lắp đặt thiết bị mới, bao gồm những yếu tố cần xem xét khi mua thiết bị mới và quy trình mua sắm.

Cẩm nang gồm các phần sau:

- Phần 1: Cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống quạt và máy thổi.
- Phần 2: Lựa chọn và lắp đặt quạt và máy thổi mới.
- Phần 3: Quy trình mua sắm đối với hệ thống quạt và máy thổi mới.

Thông tin chi tiết có thể tham khảo thêm tại phụ lục của Cẩm nang:

- Phụ lục: Danh sách một số nhà cung cấp trong nước và quốc tế được chọn cho các quạt và máy thổi cỡ lớn.

Cẩm nang cũng mô tả các ví dụ điển hình về cải tạo hệ thống quạt cũng như trường hợp thay thế các quạt và máy thổi cũ kém hiệu quả bằng các thiết bị mới hiệu suất cao.

MỤC LỤC

1 Cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống quạt và máy thổi cỡ lớn 5

1.1 Hệ thống quạt và máy thổi cỡ lớn..... 6

1.1.1 Các quan sát từ ngành công nghiệp Việt Nam..... 7

1.2 Hiệu suất của quạt..... 7

1.2.1 Đo lường hiệu suất quạt..... 9

1.3 Hiệu suất động cơ..... 10

1.4 Hiệu suất của dây đai và bộ truyền động..... 16

1.5 Tổn thất áp suất trong hệ thống..... 21

1.5.1 Ống mềm..... 22

1.5.2 Bộ tiêu âm..... 22

1.5.3 Quạt tăng áp..... 22

1.5.4 Van điều chỉnh lưu lượng gió tự động và bộ trộn..... 22

1.6 Vận hành quạt và máy thổi..... 22

1.7 Chiến lược điều khiển..... 24

1.7.1 Quạt tốc độ cố định..... 24

1.7.2 Lắp đặt 2 quạt..... 25

1.7.3 Cánh dẫn hướng đầu vào..... 25

1.7.4 Biến tần (VSD)..... 25

1.7.5 Những điều cần tránh..... 27

1.8 Công nghệ lọc..... 30

1.8.1 Luồng khí đầu vào..... 30

1.8.2 Luồng khí thải..... 30

1.8.3 Vận hành....31
1.9 Bảo trì....32
1.9.1 Quạt và động cơ....32
1.9.2 Ống dẫn khí....32
1.9.3 Bộ lọc....32
1.9.4 Dây đai....32
1.9.5 Van điều tiết....33
1.9.6 Hệ thống điều khiển....33
1.10 Các tiềm năng tiết kiệm năng lượng khác....33
1.10.1 Giảm tiêu thụ không tải....33
1.10.2 Cải thiện các tủ hút khí độc và điểm hút....33
2 Lựa chọn và trang bị quạt và máy thổi mới....36
2.1 Nhu cầu vận hành....36
2.1.1 Thông gió cho quy trình công nghiệp....36
2.2 Công nghệ....39
2.2.1 Quạt ly tâm....39
2.2.2 Quạt hướng trục....39
2.2.3 Máy thổi....40
2.2.4 Lựa chọn loại quạt....41
2.2.5 Định luật ái lực của quạt....42
2.2.6 Hệ thống điều khiển....42
2.3 Thiết kế ống dẫn....43
2.4 Các yếu tố khác cần cân nhắc....44
2.4.1 Vỏ quạt....44
2.4.2 Nhiệt độ không khí....45

2.4.3 Các quy trình nhiệt độ cao và khí....45
2.4.4 Bụi....45
2.4.5 Kết nối lưới điện....45
2.5 Phương pháp thực hiện....45
3 Quy trình mua sắm hệ thống quạt và máy thổi mới....46
3.1 Giai đoạn tiền khả thi....46
3.2 Giai đoạn khả thi....49
3.3 Giai đoạn đấu thầu....50
3.3.1 Xác định phạm vi cuối cùng....50
3.3.2 Thông số kỹ thuật....51
3.3.3 Đảm bảo hiệu suất....51
3.3.4 Hợp đồng dịch vụ....51
3.4 Giai đoạn ký hợp đồng....51
3.5 Các giai đoạn sau của dự án....52
Tài liệu tham khảo....53
Phụ lục. Các nhà cung cấp sẵn có....54

1 Cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống quạt và máy thổi cỡ lớn

Mức tiêu thụ năng lượng của quạt và máy thổi cỡ lớn trong ngành công nghiệp Việt Nam chiếm một phần đáng kể trong tổng mức tiêu thụ năng lượng, điển hình như:

- Ngành xi măng
- Ngành sắt và kim loại
- Ngành chế biến gỗ
- Các quy trình riêng lẻ như buồng sấy và lò nung.
- V.v.

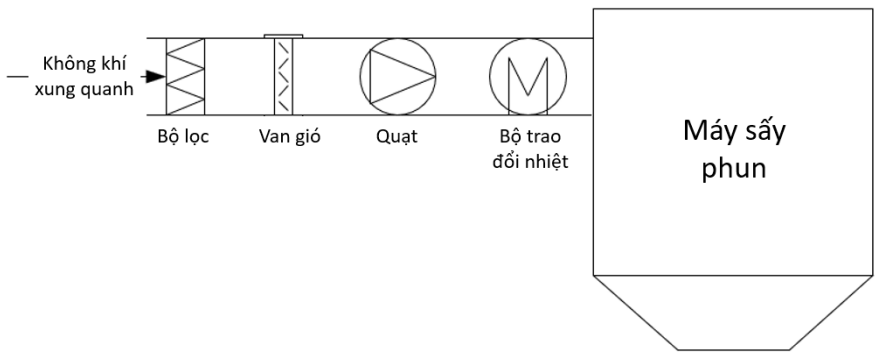
Hình 1 dưới đây minh họa một ví dụ về hệ thống quạt công nghiệp cỡ lớn.

Hình 1 Quạt cỡ lớn trong ngành sắt và kim loại.

Phần này trình bày các yếu tố chính trong việc sử dụng năng lượng cho các hệ thống quạt và máy thổi cỡ lớn và các phương án có thể được xem xét để giảm tiêu thụ năng lượng.

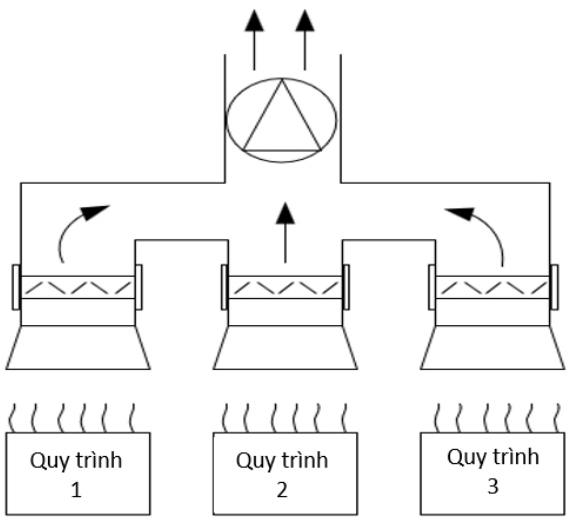
1.1 Hệ thống quạt và máy thổi cỡ lớn

Các hệ thống quạt và máy thổi khác nhau ở cách thức lưu chuyển không khí và áp suất hệ thống. Quạt và máy thổi đều được sử dụng cho các dòng khí đầu vào và khí thải. Hình 2 minh họa một quạt công nghiệp đơn giản được sử dụng để cung cấp không khí nóng cho máy sấy phun.



Hình 2 Sơ đồ quạt công nghiệp đơn giản dùng cho quá trình sấy.

Một hệ thống điển hình khác được thể hiện trong Hình 3, minh họa một hệ thống hút khí thải đơn giản từ nhiều quy trình, giúp loại bỏ không khí ô nhiễm khỏi quy trình và đẩy không khí đã qua sử dụng ra môi trường bên ngoài.



Hình 3 Sơ đồ hệ thống hút khí thải đơn giản.

Hiệp hội Kỹ sư Cơ khí Hoa Kỳ (ASME) đã đưa ra các định nghĩa sau đây về quạt và máy thổi, xem Bảng 1.

Thiết bị	Tỷ lệ áp suất riêng
Quạt	≤ 1,11
Máy thổi	1,11 đến 1,20

Bảng 1 Định nghĩa quạt và máy thổi theo ASME [1].

Máy thổi được sử dụng để điều hướng không khí hoặc khí gas đến một điểm nhất định hoặc theo một hướng cụ thể bằng quạt và các kênh dẫn điều khiển, trong khi quạt lưu thông không khí trong một không gian xác định.

Máy thổi có thể có kích thước rất lớn – lên tới vài trăm kW trong khi quạt thường nhỏ hơn nhiều.

1.1.1 Các quan sát từ ngành công nghiệp Việt Nam

Từ các chuyến thăm thực địa tại một số doanh nghiệp công nghiệp của Việt Nam, có thể thấy tiềm năng tiết kiệm năng lượng đáng kể từ các quan sát dưới đây:

- Nhiều quạt đã cũ, hiệu suất khá thấp so với công nghệ hiện đại.
- Thường thì công suất của quạt được điều khiển bằng van điều tiết thay vì biến tần.
- Các ống dẫn và kênh dẫn vận chuyển không khí hoặc khí gas bị rò rỉ khiến không khí giả xâm nhập vào hệ thống.
- Ống dẫn và thiết bị bị bẩn làm tăng tổn thất áp suất.
- Các phương pháp điều khiển rất đơn giản và thường sử dụng điều khiển bật/tắt thủ công.
- Trong hệ thống hút khí thải, các ống dẫn không được sử dụng sẽ được đóng lại thủ công hoặc không thể đóng được.

Vì những lý do kể trên, dự kiến việc kiểm toán năng lượng các hệ thống quạt và máy thổi có thể đem lại mức tiết kiệm năng lượng đáng kể.

1.2 Hiệu suất của quạt

Hiệu suất của quạt/máy thổi phụ thuộc vào một số yếu tố như loại quạt, góc cánh quạt, áp suất, vỏ bọc, tốc độ, v.v.

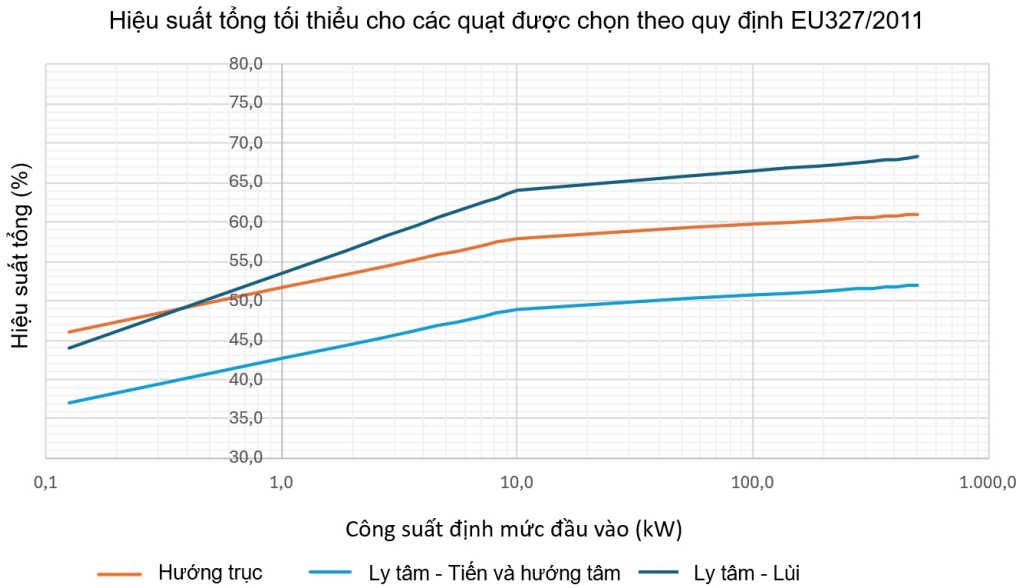
Các nhà sản xuất thường sử dụng hai cách để xác định hiệu suất của quạt:

- Hiệu suất cơ học/tổng thể
- Hiệu suất tĩnh

Cả hai cách này đều thể hiện mức độ hiệu quả của quạt trong việc chuyển đổi công suất điện thành dòng khí và áp suất. **Hiệu suất tĩnh** được tính toán dựa trên công suất đầu vào của quạt và mức chênh lệch của *áp suất tĩnh* trước và sau quạt. Áp suất tĩnh là thế năng mà quạt cung cấp cho hệ thống.

Hiệu suất tổng được tính dựa trên công suất đầu vào của quạt và mức chênh lệch *áp suất tổng* trước và sau quạt. Áp suất tổng là tổng của áp suất tĩnh và *áp suất động/vận tốc*. Áp suất động là áp suất dọc theo dòng chảy do luồng không khí qua ống dẫn tạo ra. Nếu biết áp suất động thì có thể tính được vận tốc dòng không khí và ngược lại.

Liên minh châu Âu quy định các yêu cầu tối thiểu về hiệu suất tĩnh và hiệu suất tổng trong EU327/2011 [2] cho các loại quạt khác nhau. Hình 4 cho thấy hiệu suất tổng tối thiểu cho một số loại quạt được chọn dựa trên công suất đầu vào. Như được trình bày, yêu cầu về hiệu suất tăng lên cùng với kích thước của quạt.



Hình 4 Hiệu suất tổng tối thiểu yêu cầu đối với một số loại quạt thông gió được chọn theo EU327/2011 [2].

Hình 4 minh họa hiệu suất yêu cầu tối thiểu đối với quạt, nhưng các quạt hiện có trên thị trường được cho là có hiệu suất cao hơn. Hiệu suất cực đại của một số loại quạt được chọn được liệt kê trong Bảng 2. Bảng 2 chỉ trình bày hiệu suất của quạt, chứ không

phải là hiệu suất tổng. Để có hiệu suất tổng, phải cộng thêm hiệu suất của động cơ và biến tần (VFD).

	Quạt hướng trục			Quạt ly tâm		
	Cánh dẫn	Kiểu ống	Cánh quạt	Cánh thẳng	Cánh ngược	Cánh xuôi
Phạm vi hiệu suất cực đại	80%-90%	60%-70%	45%-50%	60%-70%	75%-85%	50%-60%

Bảng 2 Hiệu suất cực đại của một số loại quạt được chọn. Để có hiệu suất tổng, cần cộng thêm hiệu suất của động cơ và biến tần.

Trong trường hợp hiệu suất của quạt thấp hơn các yêu cầu nêu trong EU327/2011, khuyến nghị thay quạt hiện tại bằng một quạt mới có hiệu suất cao hơn. *Cách đo lường hiệu suất của quạt được mô tả ở phần 1.2.1* .

Hiệu suất của quạt luôn phụ thuộc vào các điều kiện vận hành, đó là lý do vì sao hiệu suất cực đại có thể đạt được chỉ có thể được phát hiện khi trao đổi với nhà cung cấp.

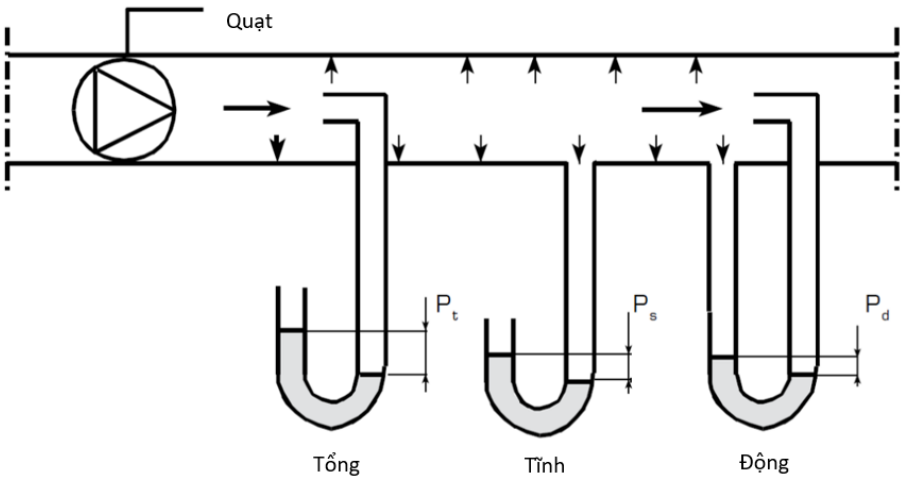
Chẩn đoán tình trạng:

Thực hiện các bước sau:

- Đo áp suất tĩnh và áp suất tổng theo mục 1.2.1 cùng với mức tiêu thụ điện năng.
- Tính hiệu suất tổng của quạt/máy thổi. Nếu hiệu suất dưới mức yêu cầu của EU327/2011, nên thay quạt.
- Nếu cần thay quạt, đầu tiên cần kiểm tra xem có thể giảm nhu cầu về lưu lượng khí hoặc áp suất không.
- Liên hệ với nhà cung cấp với dữ liệu cập nhật để vận hành quạt mới.

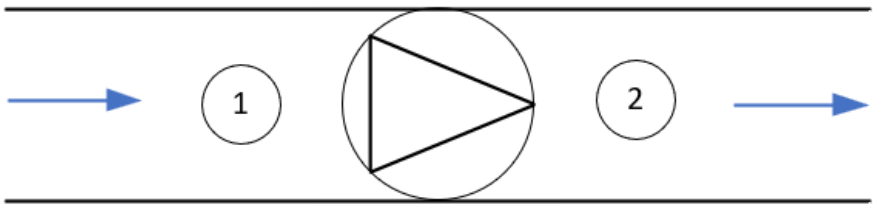
1.2.1 Đo lường hiệu suất quạt

Hiệu suất của quạt có thể được đo bằng cách sử dụng áp kế và ống pitot. Hình 5 minh họa cách đo các mức áp suất khác nhau trong ống dẫn.



Hình 5 Minh họa cách đo áp suất tĩnh, áp suất động và áp suất tổng trong ống dẫn [3].

Để đo hiệu suất tĩnh và hiệu suất tổng, phải biết chênh lệch áp suất tĩnh và động trên quạt, tức là áp suất phải được đo trước và sau quạt, xem Hình 6.



Hình 6 Các điểm đo để xác định hiệu suất của quạt.

Hiệu suất tĩnh được tính như sau:

$$\eta_{t\in nh} = \frac{\left(p_{s2} - p_{s1}\right)\ [Pa] \cdot \dot{m}_v\ \left[\frac{m^3}{s}\right]}{P_{in}\ [W]}$$

Tổng hiệu suất được tính như sau:

$$\eta_{tng} = \frac{\left(\left(p_{s2} + p_{d2}\right) - \left(p_{s1} + p_{d1}\right)\right)\ [Pa] \cdot \dot{m}_v\ \left[\frac{m^3}{s}\right]}{P_{in}\ [W]}$$

1.3 Hiệu suất động cơ

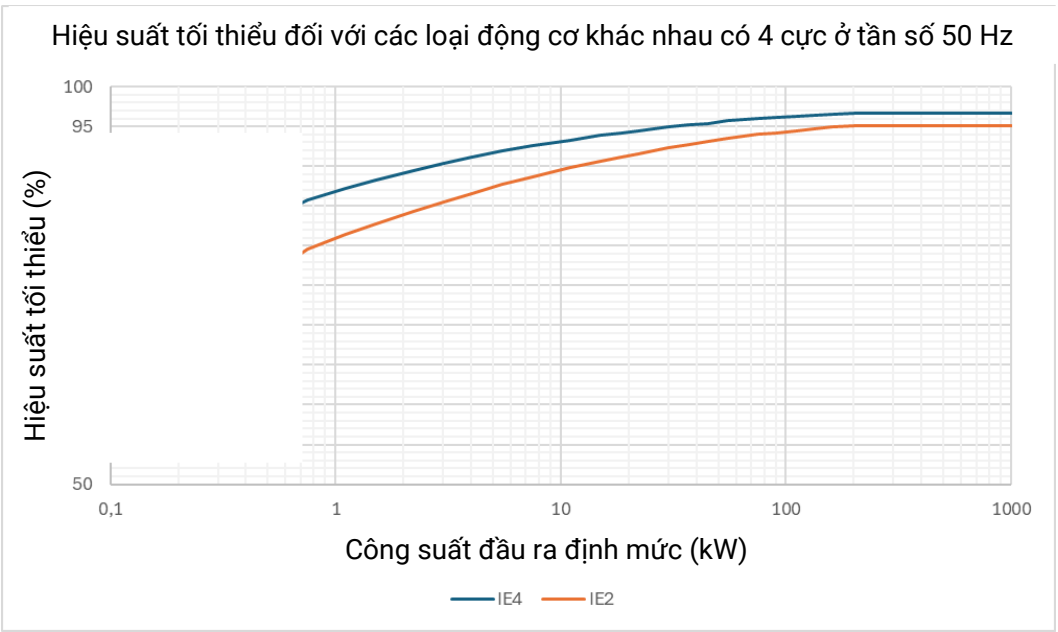
Các quạt tốt nhất hiện nay được trang bị động cơ điện sử dụng công nghệ dòng điện một chiều không chổi than, còn gọi là động cơ chuyển mạch điện tử (động cơ EC), được

tích hợp bộ biến tần để kiểm soát phụ tải liên tục và cánh quạt có tổn thất khí động học thấp.

Quạt cần được dẫn động trực tiếp, tức là cánh quạt được gắn trực tiếp vào trục của động cơ điện. Trong phạm vi lưu lượng và áp suất cao hơn, động cơ EC vẫn chưa khả dụng. Ở phạm vi này, công nghệ động cơ tốt nhất hiện có là động cơ điện xoay chiều (AC) với cấp hiệu suất IE4 và có bộ biến tần.

Sự khác biệt giữa động cơ EC và động cơ AC là động cơ AC có thể hoạt động rất hiệu quả khi đầy tải. Tuy nhiên, khi sử dụng ở chế độ non tải, tổn thất trong động cơ AC trở nên nghiêm trọng hơn so với động cơ EC có tích hợp bộ biến tần.

Hình 7 dưới đây thể hiện sự chênh lệch giữa hiệu suất yêu cầu tối thiểu đối với động cơ loại IE2 và IE4 dựa trên quy định EU2019/1781 của Liên minh Châu Âu (EU) từ ngày 04-01-2023 [4].



Hình 7 Hiệu suất yêu cầu tối thiểu đối với các loại động cơ khác nhau dựa trên quy định EU2019/1781 từ ngày 04-01-2023 [4].

Dựa trên Hình 7 và công suất đầu ra định mức của động cơ, có thể tiết kiệm tới 10% lượng điện tiêu thụ nếu thay thế động cơ IE2 bằng động cơ IE4. Bảng 3 cung cấp thông tin về dải hiệu suất yêu cầu tối thiểu đối với động cơ dựa trên cấp hiệu suất và số cực. Có thể tham khảo chi tiết trong quy định EU2019/1781.

Loại động cơ	2 cực	4 cực	6 cực	8 cực
IE2	53,6%-95%	59,1%-95,1%	50,6%-95%	39,8%-93,5%
IE3	60,8%-95,8%	64,8%-96%	57,7%-95,8%	50,7%-94,6%
IE4	66,5%-96,5%	69,8%-96,7%	64,9%-96,6%	62,3%-95,4%

Bảng 3 Hiệu suất yêu cầu tối thiểu cho các loại động cơ khác nhau với số cực và công suất đầu ra định mức từ 0,12 kW đến 1000 kW ở tần số 50 Hz. Hiệu suất thấp nhất với công suất đầu ra 0,12 kW và số cực cao nhất với công suất 1000 kW. Theo quy định EU2019/1781 từ ngày 04-01-2023 [4]

Ngoài các loại động cơ theo quy định của EU, còn một loại động cơ hiệu suất cao hơn nữa là IE5. Tùy thuộc vào ứng dụng và điều kiện, loại động cơ này có thể giảm tổn thất năng lượng lên tới 40% [5] so với IE3. Mức giảm lớn như vậy là do động cơ IE5 không cần điện để truyền tới rôto.

Cải thiện về hiệu suất được thể hiện rõ ràng nhất đối với các động cơ nhỏ, còn đối với các động cơ có số giờ vận hành cao mỗi năm, có thể cân nhắc việc thay thế để giảm chi phí năng lượng. Khảo sát động cơ là một cách tốt và có hệ thống để có được cái nhìn tổng quan về những động cơ nào có thể được thay thế một cách hợp lý nhờ tiết kiệm điện.

Đối với các động cơ còn lại, cần xây dựng chính sách thay thế các động cơ có hiệu suất năng lượng cao hơn để bộ phận bảo trì có thể triển khai thực hiện.

Nhìn chung, khuyến nghị luôn được đưa ra là mua các động cơ có hiệu suất cao nhất. Tuy nhiên, tùy thuộc vào tình hình thực tế, không phải lúc nào cũng nên thay động cơ IE4 bằng động cơ IE5 nếu động cơ hiện tại cũng có biến tần. Do hiệu suất cao hơn, động cơ IE5 có thể chạy với số vòng quay/phút cao hơn nhờ giảm trượt trong rôto, nhưng nếu quạt hoặc máy thổi không thể tận dụng số vòng quay tăng thêm này, thì sẽ không đạt được hiệu quả tiết kiệm nào.

Phân tích tình huống:

Thực hiện các bước sau.

- Kiểm tra cấp hiệu suất của động cơ được kết nối với quạt.
    - Nếu bảng thông số không cung cấp thông tin, hãy liên hệ với nhà cung cấp.

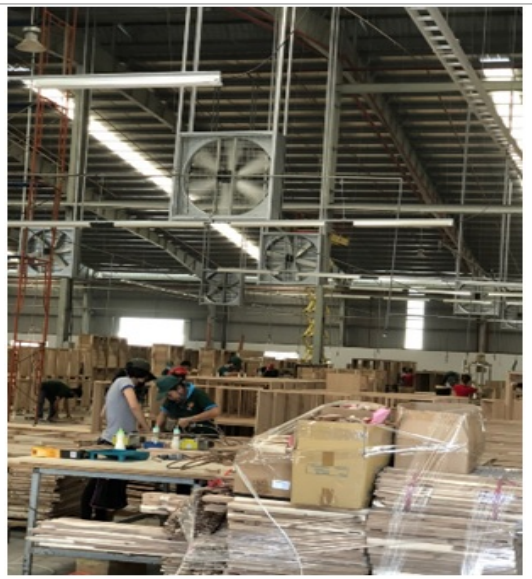
- Kiểm tra số giờ vận hành của các động cơ cụ thể vì mức tiết kiệm năng lượng có liên quan chặt chẽ đến số giờ vận hành của động cơ.
- Nếu động cơ có cấp hiệu suất dưới IE4, liên hệ với nhà cung cấp để tìm hiểu xem có thể thay thế động cơ hiện tại bằng một động cơ có hiệu suất cao hơn không.

Ví dụ 1: Thay thế quạt và động cơ hiệu suất thấp

Tên công ty: CÔNG TY TNHH SẢN XUẤT THỊNH VIỆT II	
Địa chỉ: Đường ĐT 746, ấp Bình Khánh, xã Khánh Bình, huyện Tân Uyên, tỉnh Bình Dương	
Tóm tắt dự án: Cải tạo hệ thống thông gió cho nhà máy (sử dụng quạt siêu tiết kiệm điện)	
Năm thực hiện: 2020	
Tình trạng trước khi thực hiện Thịnh Việt là một trong những nhà sản xuất đồ nội thất hàng đầu tại tỉnh Bình Dương, Việt Nam. 	**Kết quả** Nhà máy đã lắp đặt 66 quạt thông gió STEELFAN - 138A được trang bị động cơ biến tần DC không chổi than.

Trong quá trình sản xuất đồ gỗ nội thất phát sinh một lượng lớn bụi gỗ, ảnh hưởng đến môi trường làm việc của công nhân. Hệ thống quạt thông gió cần số lượng quạt lớn nên tiêu thụ điện năng đáng kể (khoảng 10 giờ làm việc/ngày và 300 ngày làm việc/năm).

Việc sử dụng động cơ điện xoay chiều 3 pha thông thường có hiệu suất thấp, dao động từ 70 đến 75%. Vì vậy, nhà máy đã lựa chọn quạt thông gió STEELFAN - 138A được trang bị động cơ biến tần dòng điện một chiều (DC) không chổi than.



Hình ảnh hệ thống thông gió mới

Kết quả của dự án:

Tổng chi phí đầu tư:	69,3 triệu đồng
Tiết kiệm năng lượng:	91.080 kWh/năm
Tiết kiệm chi phí	227,7 triệu đồng
Thời gian hoàn vốn	3,8 năm

1.4 Hiệu suất của dây đai và bộ truyền động

Trong nhiều ứng dụng, quạt được kết nối với động cơ thông qua bộ truyền động dây đai, điều này có thể gây thêm tổn thất năng lượng lên đến 10%. Con số này có thể cao hơn nếu dây đai không được bảo trì đúng cách hoặc điều chỉnh bánh răng không chính xác. Nói chung, cách hiệu quả nhất là sử dụng quạt có dẫn động trực tiếp nhằm giảm tổn thất năng lượng.

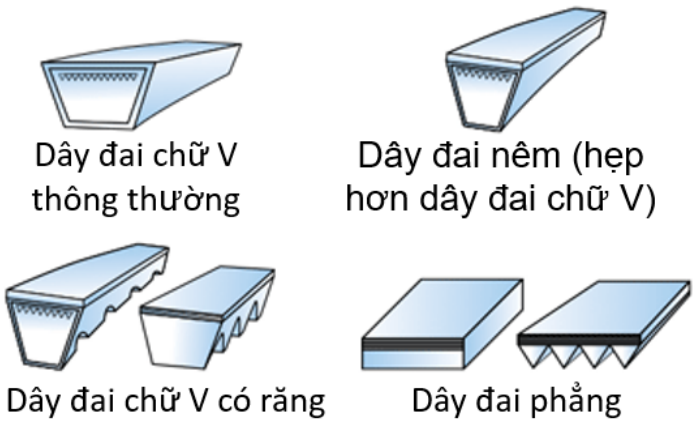
Tuy nhiên, trong một số trường hợp có thể cần sử dụng dây đai để tách biệt động cơ khỏi quạt. Điều này có thể do nguy cơ quạt bị chặn đột ngột khỏi các vật thể trong kênh dẫn, dẫn đến trường hợp dẫn động trực tiếp khiến động cơ bị hỏng.

Trong trường hợp này, dây đai có thể giúp bảo vệ động cơ vì nó vẫn có thể chạy nhưng dây đai sẽ bị hỏng trước. Trong trường hợp khác, do thiếu không gian, cần có dây đai để nối quạt và động cơ. Hình 8 cho thấy hai trường hợp các quạt thông gió có dẫn động bằng dây đai, trong đó hình bên trái cho thấy cần tránh dùng dây đai và hình bên phải cho thấy cần dùng dây đai do không gian cho khu vực hoạt động bị hạn chế.

Đối với quạt hướng trục, giải pháp truyền động trực tiếp cũng có thể gặp thách thức nếu luồng khí có nhiệt độ cao hoặc tiếp xúc hóa chất, điều này có thể ảnh hưởng đến tuổi thọ của động cơ. Trong những trường hợp như vậy, điều quan trọng là phải trao đổi với nhà cung cấp về những gì có thể thực hiện được. Vấn đề có thể được giải quyết bằng một động cơ có khả năng chống chịu tốt hơn, hoặc có thể là truyền động đai. Trong một số trường hợp, một loại quạt khác, ví dụ như quạt ly tâm, có thể là giải pháp.

Hình 8 Ví dụ về quạt thông gió truyền động bằng dây đai.

Nếu cần phải sử dụng dây đai, nên chọn các loại dây đai hiệu suất cao để giảm trượt và tổn thất năng lượng. Hình 9 minh họa các loại đai khác nhau thường được sử dụng.



Hình 9 Sơ đồ các loại dây đai phổ biến nhất [6].

Đai chữ V truyền thống là loại kém hiệu quả nhất với tổn thất lên tới 10%. Sử dụng dây đai nêm, dây đai răng cưa, dây đai đồng bộ hoặc các loại dây đai hiệu suất cao tương tự có thể giúp giảm tổn thất năng lượng xuống khoảng 1% tổng lượng điện sử dụng bởi quạt hoặc máy thổi. Bảng 4 cho thấy các mức hiệu suất khác nhau của bộ truyền động đai.

	Hiệu suất
Truyền động trực tiếp	100%
Dây đai V truyền thống	93%-98%
Dây đai V răng cưa	96%-98%
Dây đai răng	97%-99%
Dây đai phẳng	97%-99%

Bảng 4 Hiệu suất của các loại dây đai thông dụng nhất khi lắp đặt [3]. Trong suốt thời gian sử dụng, hiệu suất sẽ giảm.

Phân tích tình huống:

Thực hiện các bước sau.

- Kiểm tra tình trạng của dây đai và bánh răng.

    - Nếu dây đai bị lỏng hoặc có rung động thì nên thay dây đai.
    - So sánh vòng quay của động cơ và quạt. Nếu có sự khác biệt lớn thì cần thay dây đai.
- Kiểm tra xem có thể thay đổi từ truyền động dây đai sang truyền động trực tiếp không.
    - Liên hệ với nhà cung cấp để làm rõ.

Ví dụ 2: Thay thế quạt thông gió truyền động bằng dây đai bằng truyền động trực tiếp

Tóm tắt dự án: Một doanh nghiệp dệt nhuộm ở Long An đã thay thế quạt truyền động dây đai bằng quạt truyền động trực tiếp có hiệu suất cao hơn.

Năm thực hiện: 2019

Tình trạng trước khi thực hiện	**Kết quả**
Hệ thống quạt thông gió sử dụng loại quạt dẫn động bằng dây đai (công suất 1,5 Hp, lưu lượng gió 33.000 m^3/h).	Nhà máy đã thay thế chín (9) quạt cũ bằng quạt truyền động trực tiếp mới.
Quạt thông gió	*Quạt mới (truyền động trực tiếp)*

Bộ truyền động đai có hiệu suất thấp do tổn thất năng lượng vì tỏa nhiệt dây dẫn điện, ma sát, giãn dây đai, hệ số trượt cao. Kết quả làm giảm hiệu suất truyền động từ động cơ điện đến cánh quạt và giảm tuổi thọ sử dụng. Ngoài ra, tiếng ồn của bộ truyền động đai lớn hơn so với bộ truyền động trực tiếp có cùng công suất.	Quạt mới có công suất 1 Hp (lưu lượng gió 45.000 m^3/h) giúp giảm điện năng tiêu thụ >33%.
Kết quả của dự án:	
Tổng chi phí đầu tư:	126,5 triệu đồng
Tiết kiệm điện:	32.340 kWh/năm
Tiết kiệm chi phí:	53,3 triệu đồng
Thời gian hoàn vốn:	2,4 năm

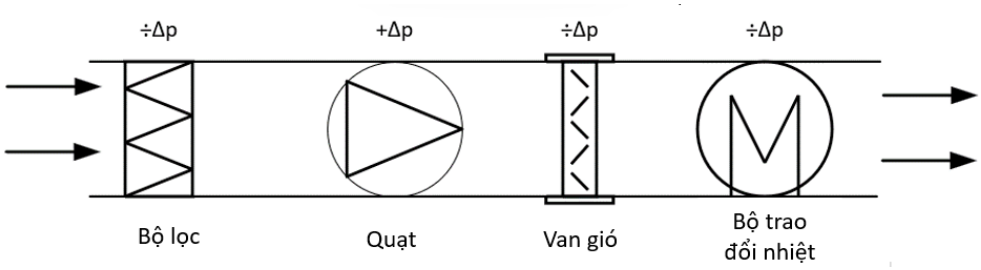
1.5 Tổn thất áp suất trong hệ thống

Tổn thất áp suất trong hệ thống, còn được gọi là trở lực của hệ thống, được tạo thành từ tổng các tổn thất áp suất tĩnh phát sinh từ cấu hình của ống dẫn, cửa hút và sự sụt giảm áp suất qua các thiết bị, ví dụ:

- Van điều tiết
- Bộ giảm âm
- Bộ lọc
- Bộ trao đổi nhiệt
- V.v.

Trở lực hệ thống phụ thuộc rất nhiều vào lưu lượng khí, vì trở lực tỷ lệ theo bình phương của lưu lượng khí đi qua hệ thống. Để vượt qua mức trở lực tăng dần, quạt cần tăng thêm tốc độ dẫn đến tăng tiêu thụ điện năng. Do đó, đường ống dẫn càng lớn thì càng giảm trở lực cho toàn hệ thống từ các chi tiết như đoạn ống bị uốn cong, xoắn và các cấu phần khác.

Ngoài các ống dẫn, thiết bị trong hệ thống cần được thiết kế với mức sụt áp thấp nhất có thể. Hình 10 thể hiện sơ đồ hệ thống quạt đơn giản để gia nhiệt không khí.



Hình 10 Sơ đồ hệ thống quạt gia nhiệt không khí.

Đối với hệ thống trong Hình 10, bộ lọc, van điều tiết và bộ trao đổi nhiệt tạo ra sụt áp trong hệ thống mà quạt phải khắc phục. Trong hệ thống này, cần kiểm tra xem có thể giảm áp suất bằng cách thay đổi thiết kế hoặc điều chỉnh nhu cầu, ví dụ như đối với bộ lọc, hay không. Điều này có thể đạt được nếu bộ lọc loại bỏ nhiều hạt bụi hơn mức cần thiết; *xem thêm chi tiết tại Mục 1.8*.

Van điều tiết có chức năng kiểm soát luồng không khí, nhưng có thể thay thế bằng cách lắp biến tần (VFD) cho quạt. Phương án này không chỉ giúp giảm sụt áp hệ thống, mà còn giúp điều khiển quạt sao cho sử dụng năng lượng hiệu quả hơn; *xem thêm chi tiết tại Mục 1.7.*

Trên đây là những thay đổi nhỏ đối với hệ thống. Trong trường hợp thay đổi thiết bị lớn hơn hoặc cải tạo đường ống, nó có thể thay đổi đáng kể trở lực dẫn đến quạt vận hành kém hiệu quả. Khi đó, có thể cần thay quạt mới được thiết kế theo yêu cầu của hệ thống mới để duy trì hiệu suất.

Tổn thất áp suất tăng dần theo thời gian do bám bẩn luôn phải được theo dõi. Điều này thường xảy ra với bộ lọc, hệ thống lọc và dàn trao đổi nhiệt.

Trong một số trường hợp, có thể thiết lập đường vòng (bypass) tự động cho các bộ phận gây tổn thất áp suất lớn khi các bộ phận này không được sử dụng, ví dụ như dàn sưởi hoặc dàn lạnh.

1.5.1 Ống mềm

Các loại ống mềm, ví dụ như dùng cho hệ thống thông gió cục bộ tại khu vực hàn, nên tránh sử dụng với chiều dài lớn. Thay vào đó, nên sử dụng các ống thẳng bất cứ khi nào có thể.

1.5.2 Bộ tiêu âm

Bộ tiêu âm được sử dụng để giảm tiếng ồn từ quạt và máy thổi. Việc sử dụng bộ tiêu âm sẽ làm tăng sụt áp cho hệ thống và do đó làm tăng mức tiêu thụ năng lượng cho quạt. Để giảm sụt áp, bộ tiêu âm cần được thiết kế với vận tốc không khí giữa các vách ngăn tối đa là 10 m/s hoặc 6 m/s đối với bộ tiêu âm góc [3].

1.5.3 Quạt tăng áp

Sử dụng quạt tăng áp để khắc phục tổn thất áp suất trong các đường ống nhỏ đặt xa đường ống chính thay vì tăng áp suất tổng của hệ thống chính. Đôi khi việc thiết lập một hệ thống nhỏ riêng biệt còn thuận tiện hơn là lắp đặt các đường ống dài để đáp ứng một nhu cầu nhỏ ở xa.

1.5.4 Van điều chỉnh lưu lượng gió tự động và bộ trộn

Khi sử dụng van điều chỉnh lưu lượng gió tự động và bộ trộn trong hệ thống phân phối không khí, điều quan trọng là không để mức áp suất quá cao trong đường ống chính đi tới van điều tiết. Áp suất trong đường ống chính cần được điều chỉnh sao cho đảm bảo mức áp suất phù hợp ở van điều tiết được lắp đặt xa nhất trong hệ thống.

1.6 Vận hành quạt và máy thổi

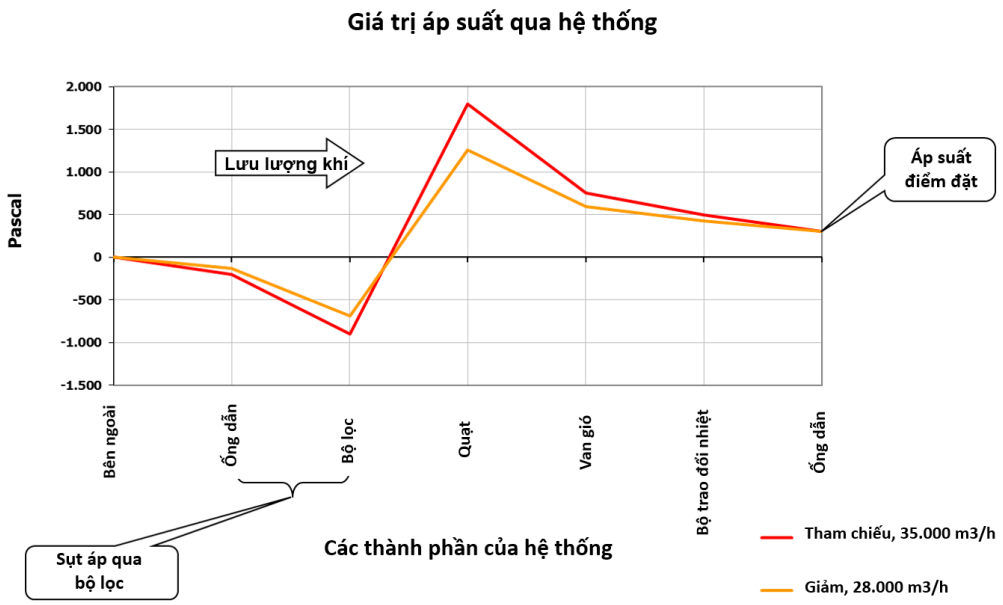
Trong ngành công nghiệp, theo quan sát lưu lượng khí được cung cấp trong quy trình thường không tương xứng với nhu cầu thực tế. Thông thường quạt cung cấp quá nhiều hoặc quá ít không khí. Nếu quạt có kích thước quá lớn so với nhu cầu của quy trình thì sẽ tiêu tốn năng lượng không cần thiết, và việc thay thế sang loại quạt nhỏ hơn được thiết kế theo nhu cầu của quy trình sẽ đem lại tiềm năng tiết kiệm năng lượng. Giảm

lưu lượng không khí có thể giúp tiết kiệm năng lượng đáng kể vì giảm 10% lưu lượng khí sẽ giúp giảm tiêu thụ năng lượng đến 27%. *Xem phần 2.2.5 để biết thêm thông tin.*

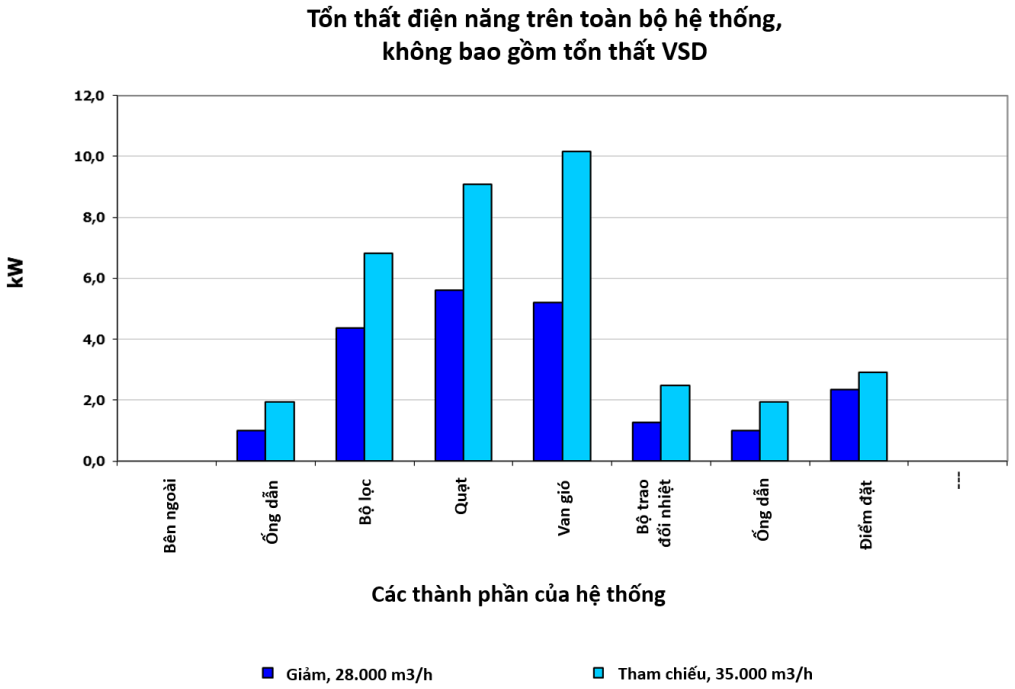
Việc quạt được thiết kế để cung cấp lưu lượng khí trung bình với áp suất cao nhưng thực tế lại vận hành với lưu lượng khí cao ở áp suất thấp cũng ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu suất quạt.

Một điểm cần lưu ý là nguồn gốc của nhu cầu lưu lượng khí và áp suất. Nếu nhu cầu về lưu lượng khí và áp suất có thể được xem xét và điều chỉnh giảm mà không làm ảnh hưởng đến bất kỳ yêu cầu nào về mặt pháp lý hoặc quy trình, thì có thể giảm tiêu thụ năng lượng cho quạt.

Hình 11 và Hình 12 minh họa ảnh hưởng của việc giảm lưu lượng đối với tổn thất áp suất và tổn thất công suất trong hệ thống. Ví dụ này dựa trên một hệ thống đơn giản được thể hiện trong Hình 10 .



Hình 11 Ví dụ về sự thay đổi áp suất trong hệ thống, dựa trên hệ thống được minh họa trong Hình 10.



Hình 12 Kết quả về tổn thất công suất từ việc giảm lưu lượng khí và áp suất từ Hình 11.

Có thể tiết kiệm năng lượng đáng kể bằng cách giảm lưu lượng khí trong hệ thống.

Phân tích tình huống:

Thực hiện các bước sau:

- Xem xét nhu cầu của quy trình về lưu lượng khí và áp suất.
- So sánh dữ liệu thiết kế của quạt với vận hành thực tế.
- Nếu thiết kế và vận hành có sự khác biệt đáng kể, có thể cần thay thế quạt.
    - Liên hệ với chuyên gia/nhà cung cấp để tìm loại quạt phù hợp.

1.7 Chiến lược điều khiển

Tùy vào phạm vi thay đổi của nhu cầu lưu lượng khí, có thể điều tiết quạt bằng nhiều phương pháp khác nhau.

1.7.1 Quạt tốc độ cố định

Nếu nhu cầu không đổi, không cần thiết phải điều chỉnh gì khác ngoài việc bật-tắt quạt, miễn là quạt và động cơ/hệ truyền động của nó được lựa chọn kỹ lưỡng để vận hành ở chế độ tối ưu.

Cảnh báo: Đôi khi, do thiết kế cẩu thả, các hệ thống quạt thường bị tính toán kích thước quá lớn. Sau đó, trong quá trình vận hành thử, lưu lượng gió lại được cắt giảm bằng cách sử dụng các thiết bị như biến tần. Điều này dẫn đến việc hệ thống liên tục hoạt động tại một điểm vận hành kém hiệu quả và do đó cần tránh trường hợp này.

1.7.2 Lắp đặt 2 quạt

Trong trường hợp có hai nhu cầu lưu lượng khí riêng biệt, trong đó một nhu cầu thấp hơn đáng kể so với nhu cầu kia và có thời gian hoạt động lâu ở trạng thái này, cần cân nhắc lắp riêng một quạt nhỏ. Bằng cách sử dụng van điều tiết bật-tắt, có thể điều khiển từng quạt vận hành theo nhu cầu lưu lượng khí. Trường hợp này có thể xuất hiện trong các hệ thống khí thải, ở đó quạt nhỏ hơn sẽ chạy khi lò không hoạt động.

1.7.3 Cánh dẫn hướng đầu vào

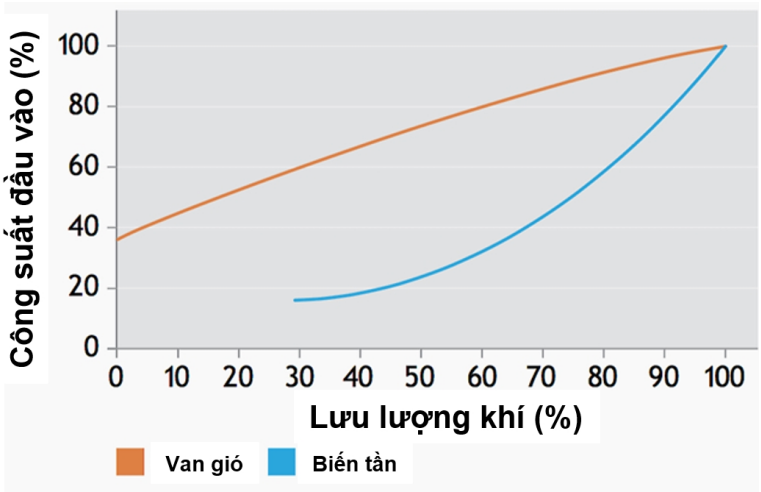
Nếu nhu cầu lưu lượng khí thay đổi từ 100% xuống còn 60%, việc điều chỉnh quạt một cách cơ học sử dụng cánh dẫn hướng đầu vào có thể là một giải pháp thay thế ưu việt hơn so với việc dùng các van điều tiết thông thường. Giải pháp này thường thấy trong trường hợp lắp đặt quạt rất lớn (hoặc cũ) và có thể được sử dụng cho cả quạt ly tâm và quạt hướng trục. Phương pháp này có hiệu quả khá tốt ở phạm vi lưu lượng khí biến động cao và chắc chắn tốt hơn so với van điều tiết truyền thống.

1.7.4 Biến tần (VSD)

Hiện nay, biến tần (VSD) điện tử có thể điều khiển động cơ quạt từ công suất rất nhỏ đến vài MW và đến nay là lựa chọn ưu tiên trong hầu hết các trường hợp. VSD có thể được sử dụng cho mọi loại động cơ điện (động cơ đồng bộ, không đồng bộ, dòng điện một chiều, động cơ từ trở chuyển mạch, v.v.) nếu chúng được chế tạo có chủ đích cho loại động cơ được chọn.

Các động cơ quạt nhỏ thường được trang bị biến tần tích hợp, và thậm chí toàn bộ cụm quạt/động cơ/VSD có thể là một cấu phần duy nhất. VSD chất lượng tốt có hiệu suất điện nội bộ rất cao, nhưng cần lưu ý hiệu suất kết hợp khi điều khiển động cơ ngoài phạm vi thiết kế, được xác định bởi tần số và điện áp (điều này đặc biệt áp dụng cho động cơ không đồng bộ).

Hình 13 minh họa tiềm năng tiết kiệm năng lượng khi sử dụng biến tần (VSD) thay vì van điều tiết. Như được trình bày, VSD tiết kiệm năng lượng đáng kể so với van điều tiết trong việc điều chỉnh lưu lượng khí.



Hình 13 So sánh công suất đầu vào cho điều khiển lưu lượng bằng van gió và biến tần.

1.7.4.1 Hướng dẫn sử dụng biến tần (VSD)

VSD là một công cụ hiệu quả để tiết kiệm năng lượng nếu lưu lượng khí có sự thay đổi lớn. Tuy nhiên, nó cũng có những hạn chế. VSD có thể điều chỉnh lưu lượng khí xuống dưới 10% lưu lượng tối đa, nhưng nó không nên hoạt động nhiều giờ ở điều kiện này. Trong trường hợp này, có thể quạt sử dụng có kích thước quá lớn so với nhu cầu hoặc cần sử dụng hai quạt như mô tả trong phần 1.7.2.

Trước khi lắp đặt VSD, điều quan trọng là cần nắm được phạm vi lưu lượng khí để vận hành VSD và một yếu tố quan trọng khác là VSD được kiểm soát bởi các thông số chính xác. Nếu cần áp suất nhất định tại một vị trí cụ thể, thì VSD phải được điều khiển theo mức áp suất này.

Điều cần tránh là lắp đặt VSD và liên tục điều chỉnh lưu lượng đến một mức ví dụ như 85%, vì điều này có nghĩa là quạt bị quá kích thước so với nhu cầu và sẽ hiệu quả hơn nếu mua một quạt mới đáp ứng chính xác nhu cầu, xem phần 1.7.1.

Ví dụ 4 – Điều khiển tốc độ bằng VSD

Tại một xưởng hàn có nhiều hệ thống thông gió cục bộ, các quạt được điều khiển như một hệ thống áp suất không đổi. Việc lắp đặt VSD trên tất cả các quạt sẽ giúp giảm tiêu thụ năng lượng đáng kể như trong Bảng 5.

Quá trình	Thông gió khí thải từ khu vực hàn
Tiêu thụ năng lượng	427 MWh/năm
Dự án	Lắp VSD trên quạt

Tiết kiệm năng lượng	128 MWh (30%)
Vốn đầu tư	1.000.000.000 đồng
Thời gian hoàn vốn	4,1 năm

Bảng 5. Biến tần trong hệ thống thông gió khí thải từ khu vực hàn. Mức tiết kiệm chi phí OPEX dựa trên 1,8 triệu đồng/MWh điện.

1.7.5 Những điều cần tránh

Cần tránh mọi loại kỹ thuật điều chỉnh lưu lượng khí chính có tổn thất cao cả khi tổn thất được tạo ra trong quạt/bộ truyền động hoặc trong lưu lượng khí. Điều này thậm chí còn quan trọng hơn đối với các hệ thống vận hành nhiều giờ trong năm.

- Van điều tiết làm hạn chế luồng khí bằng cách tạo ra tổn thất áp suất..
- Van điều tiết làm thoát một phần khí khỏi hệ thống.
- Khớp nối thủy lực.
- Bộ truyền động dây đai biến tốc.
- Động cơ hai hoặc ba tốc độ.

Ví dụ 4: Tích hợp biến tần cho máy thổi

Tên công ty: CÔNG TY CỔ PHẦN MDF VRG KIÊN GIANG	
Địa chỉ: Lô M, Đường Số 1, Khu công nghiệp Thạnh Lộc, Xã Thạnh Lộc, Huyện Châu Thành, Tỉnh Kiên Giang, Việt Nam	
Tóm tắt dự án: Lắp biến tần để cải thiện hiệu quả năng lượng cho quạt.	
Năm thực hiện:	
Tình trạng trước khi thực hiện Hệ thống hiện tại sử dụng động cơ tốc độ cố định chạy ở mức công suất tối đa, bất kể nhu cầu. Điều này dẫn đến hiệu suất thấp và tiêu thụ năng lượng không cần thiết, gây ra chi phí vận hành cao và lượng khí thải carbon lớn.	**Kết quả** **Tổng quan về công nghệ:** Biến tần (VSD) là các hệ thống điện tử điều khiển tốc độ quay của động cơ điện bằng cách điều chỉnh tần số và điện áp của nguồn điện cấp cho động cơ. Biến tần giúp vận hành động cơ có hiệu quả năng lượng cao hơn so với các hệ thống chạy ở tốc độ cố định truyền thống. Công nghệ này đặc biệt phù hợp trong các ứng dụng công nghiệp, nơi nhu cầu tốc độ động cơ thay đổi trong suốt quá trình sản xuất. **Kết quả mong đợi:** - Hiệu quả năng lượng: Giảm mức tiêu thụ năng lượng bằng cách cho phép động cơ hoạt động ở tốc độ thay đổi, điều chỉnh theo thời gian thực dựa trên nhu cầu sản xuất.

	- Tiết kiệm chi phí: Giảm chi phí tiền điện và chi phí vận hành nhờ sử dụng năng lượng hiệu quả. - Tác động môi trường: Giảm lượng khí thải carbon của quá trình sản xuất bằng cách tiêu thụ ít năng lượng hơn. - Bảo trì và tuổi thọ: Kéo dài tuổi thọ của thiết bị động cơ do giảm lực ép cơ học khi vận hành ở tốc độ tối đa liên tục.
Kết quả của dự án:	
Tổng chi phí đầu tư:	1.179.450.000 đồng
Tiết kiệm năng lượng:	631.744 kWh/năm
Tiết kiệm chi phí:	1.122.609.088 đồng
Thời gian hoàn vốn:	1,05 năm
Giảm CO_2:	427.438 kg/năm

1.8 Công nghệ lọc

Để bảo vệ thiết bị và đảm bảo rằng các hạt có hại hoặc không mong muốn không thải ra môi trường xung quanh, các bộ lọc được sử dụng cho cả luồng không khí đầu vào và đầu ra. Đối với cả bộ lọc ở dòng khí đầu vào và đầu ra, cần xem xét tốc độ dòng khí qua bộ lọc, tổng lượng bụi và hạt được lưu trữ, cũng như kích thước hạt tối thiểu thiết bị có thể lọc.

Như bất kỳ thiết bị nào khác trong hệ thống không khí, bộ lọc tạo ra sụt áp mà quạt phải khắc phục. Độ sụt áp phụ thuộc vào kích thước của hạt cần lọc và sẽ gia tăng sụt áp khi kích thước hạt cần lọc giảm. Do đó, các bộ lọc không nên lọc các hạt nhỏ hơn mức cần thiết vì điều này sẽ làm tăng kích thước và tiêu thụ năng lượng của quạt. Bên cạnh các yếu tố đã đề cập, cần cân nhắc cả nhiệt độ, độ ẩm và khả năng cháy của bụi.

Cần chọn đúng bộ lọc, tuy nhiên điều quan trọng nhất là chú ý cách bảo trì và vận hành bộ lọc. Cần giám sát các bộ lọc để đảm bảo chúng được làm sạch hoặc thay thế đúng thời hạn nhằm tránh trường hợp mức độ sụt áp quá cao. Bộ lọc bị tắc sẽ tạo ra tải không cần thiết cho quạt để đảm bảo lưu lượng khí yêu cầu. *Hoạt động bảo trì được mô tả chi tiết hơn ở phần 1.9.*

1.8.1 Luồng khí đầu vào

Tùy vào yêu cầu lượng khí đầu vào sẽ có các công nghệ lọc khác nhau tương ứng. Nếu các bộ lọc ở dòng khí đầu vào chỉ nhằm bảo vệ thiết bị thì nên sử dụng các bộ lọc có cấp G1-G4 hoặc F5-F9.

Nếu có yêu cầu đặc biệt về không khí cho quy trình công nghiệp, có thể sử dụng bộ lọc HEPA hoặc ULPA. Tuổi thọ của các bộ lọc này có thể được kéo dài bằng cách lắp đặt một bộ lọc, tối thiểu là loại F8, trước bộ lọc HEPA hoặc ULPA.

1.8.2 Luồng khí thải

Các bộ lọc cho luồng khí thải là hệ thống phức tạp hơn so với các bộ lọc ở luồng khí đầu vào. Điều này là do với một số quy trình công nghệ, như quy trình sấy trong ngành công nghiệp sữa, một số sản phẩm có thể bị cuốn theo luồng khí thải. Một phần trong số sản phẩm này có thể được thu hồi trong hệ thống lọc để tái sử dụng hoặc bán dưới dạng phụ phẩm.

1.8.2.1 Bộ lọc túi

Bộ lọc túi hoạt động bằng cách đưa không khí chứa các hạt qua một bộ bộ lọc hình túi, giúp giữ lại các hạt khi không khí bị ép qua vật liệu lọc. Để duy trì lưu lượng khí và giảm thiểu sự sụt áp qua bộ lọc, các bộ lọc này được làm sạch định kỳ bằng cách rung lắc mạnh hoặc thổi ngược luồng khí qua chúng để loại bỏ vật liệu bám trên bộ lọc. Vật liệu

này sau đó có thể được thu gom và tái sử dụng trong quá trình sản xuất. Chu kỳ làm sạch cần được thiết lập dựa trên mức sụt áp tối đa cho phép qua bộ lọc.

Để duy trì hiệu quả và đảm bảo không có rủi ro vi sinh do tích tụ vật liệu trên các bộ lọc, các bộ lọc phải được thay thường xuyên. Trường hợp này xảy ra với các sản phẩm có đặc tính dính cao, ví dụ như bột sữa, cần phải vệ sinh/thay túi lọc thường xuyên hơn.

Bộ lọc túi có thể kém hiệu quả hơn trong các ứng dụng có nhiệt độ khí thải trên 240°C và các ứng dụng có khí thải dính, vì những yếu tố này làm giảm hoặc tắc nghẽn luồng khí đi qua túi lọc. Vì bộ lọc cần được thay thế thường xuyên, từ hai lần một năm đến 5 năm một lần tùy theo quy trình nên chi phí bảo trì cao [7].

1.8.2.2 Thiết bị cyclone

Thiết bị cyclone sử dụng lực ly tâm để loại bỏ các hạt nặng hơn khỏi dòng khí mang. Hiệu suất của cyclone chủ yếu phụ thuộc vào đặc tính hình học của bộ tách cyclone và lực ly tâm được áp dụng. Bán kính của bộ tách cyclone càng nhỏ thì gia tốc ly tâm càng lớn, từ đó hiệu suất tách càng cao. Tuy nhiên, bán kính nhỏ cũng làm tăng độ sụt áp, ảnh hưởng tiêu cực đến mức tiêu thụ năng lượng của quạt. Yếu tố này phải được xem xét trong giai đoạn thiết kế.

Cyclone thường được sử dụng để lọc các hạt trên 10 µm, nhưng các cyclone hiệu suất cao có thể lọc các hạt nhỏ đến 2,5 µm [7]. Chi phí xây dựng hệ thống trên tương đối cao nhưng chi phí vận hành sẽ thấp hơn so với các công nghệ khác do độ sụt áp thấp.

1.8.2.3 Bộ lọc tĩnh điện

Bộ lọc tĩnh điện lọc không khí bằng cách cấp điện tích cho các hạt, cho phép chúng được tách ra dưới tác động của điện trường.

Các bộ lọc này có thể lọc các hạt nhỏ đến 0,1 µm mà không gây ra sự sụt áp lớn cho hệ thống, chỉ từ 0,001 bar đến 0,004 bar và có nhu cầu năng lượng thấp [7].

1.8.3 Vận hành

Việc lựa chọn bộ lọc phụ thuộc vào nhu cầu sử dụng, chẳng hạn như kích thước hạt tối đa có thể chấp nhận được sau bộ lọc cũng như độ sụt áp tối đa có thể chấp nhận được. Mức độ sụt áp không chỉ quyết định loại bộ lọc mà còn ảnh hưởng đến tần suất bộ lọc phải được vệ sinh hoặc thay thế.

Trong một số trường hợp, có thể lắp đặt nối tiếp các bộ lọc, ví dụ như sau một cyclone là một bộ lọc túi. Với cấu hình này, cyclone sẽ loại bỏ các hạt kích thước lớn trước khi không khí đi vào bộ lọc túi, giúp kéo dài tuổi thọ của bộ lọc túi, trong khi đó bộ lọc túi lọc các hạt nhỏ hơn mà cyclone không thể tách ra khỏi không khí.

1.9 Bảo trì

Việc bảo trì thường xuyên không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng đáng kể mà còn có thể kéo dài tuổi thọ của thiết bị và hệ thống và giúp duy trì hiệu suất cao. Bảo trì kém dẫn tới hệ thống hoạt động không hiệu quả. Do đó, cần thường xuyên thực hiện kiểm tra tổng thể toàn bộ hệ thống.

1.9.1 Quạt và động cơ

Quạt và động cơ cần được kiểm tra thường xuyên để đảm bảo hoạt động hiệu quả. Cần kiểm tra xem quạt có còn nguyên vẹn không (VD: không có cánh quạt nào bị gãy, ổ bi giữa động cơ và quạt không bị hư hỏng hay bị bẩn, v.v.). Ngoài ra, cần kiểm tra xem quạt có quay đúng chiều hay không. Nếu quạt và động cơ không được bảo trì đúng cách, có thể dẫn đến vận hành không ổn định và tăng mức tiêu thụ điện.

1.9.2 Ống dẫn khí

Các ống dẫn khí cần được kiểm tra thường xuyên để phát hiện các rò rỉ hoặc hư hỏng, do các yếu tố này có thể làm tăng áp suất hay nhu cầu lưu lượng khí của quạt hoặc máy thổi. Bên cạnh đó, ống dẫn khí cũng cần được vệ sinh thường xuyên để giảm trở lực hệ thống.

1.9.3 Bộ lọc

Bộ lọc nên được thay thế thường xuyên dựa trên mức giảm áp suất tối đa cho phép, mức này cần được giám sát tự động, cung cấp tín hiệu khi đến thời điểm cần thay thế. Nếu không thay thế thường xuyên, bộ lọc có thể bị tắc, dẫn đến gia tăng sụt áp mà quạt phải khắc phục bằng cách tăng tốc độ quạt, nếu không lưu lượng không khí trong hệ thống sẽ giảm. Mặc dù bộ lọc được giám sát tự động để thay thế, việc này vẫn cần được kiểm tra thực tế để đảm bảo không có bộ lọc nào bị rách, dẫn đến các hạt không mong muốn lọt qua bộ lọc.

1.9.4 Dây đai

Như đã đề cập ở phần 1.4, nên tránh sử dụng dây đai nhiều nhất có thể. Tuy nhiên, trong trường hợp cần sử dụng dây đai, cần kiểm tra đai thường xuyên để đảm bảo hiệu quả hoạt động của đai, bao gồm kiểm tra xem đai có bắt đầu bị lỏng không, có cần siết chặt hoặc thay thế không. Dây đai nếu bị lỏng sẽ bắt đầu trượt, khi đó quạt không thể cung cấp lưu lượng khí mong muốn và hiệu suất giảm đáng kể. Dây đai lỏng cũng có nguy cơ bị đứt hoặc tuột khỏi các ròng rọc. Ngoài ra, các ròng rọc phải không bị hư hỏng, và tất cả các ổ trục phải quay trơn tru mà không bị rung động.

1.9.5 Van điều tiết

Như đã đề cập trong mục 1.7, không nên sử dụng van điều tiết để điều chỉnh lưu lượng khí. Thay vào đó, nên sử dụng biến tần (VFD). Trong trường hợp sử dụng van điều tiết, cần kiểm tra cơ cấu van thường xuyên để đảm bảo không bị hư hỏng và hoạt động như mong muốn. Nếu van điều tiết được thiết kế để có thể mở hoàn toàn và/hoặc đóng hoàn toàn, cần kiểm tra xem thực tế vận hành có đúng theo thiết kế không. Nếu van điều tiết gặp vấn đề với việc mở chính xác, có thể dẫn đến giảm lưu lượng khí trong hệ thống hoặc tăng tiêu thụ điện cho cùng một lưu lượng khí.

1.9.6 Hệ thống điều khiển

Cần đảm bảo hệ thống điều khiển được bảo dưỡng thường xuyên, bao gồm vệ sinh các quạt và bộ lọc bên trong. Cập nhật và sao lưu hệ thống, đồng thời đảm bảo rằng hiển thị đồ họa và số liệu của các cấu phần đều được cập nhật. Kiểm tra xem các dây đai và động cơ có ở tình trạng tốt hay không, và tốc độ được chọn có phù hợp với tốc độ do hệ thống điều khiển lập trình hay không.

1.10 Các tiềm năng tiết kiệm năng lượng khác

1.10.1 Giảm tiêu thụ không tải

Nếu quy trình cần đáp ứng nhu cầu không khí chạy không tải hoặc dừng lại, hệ thống không khí cũng nên tự động giảm lưu lượng khí xuống mức tối thiểu hoặc tắt hẳn. Hệ thống điều khiển quy trình cần gửi tín hiệu đến hệ thống điều khiển quạt và/hoặc van điều tiết.

1.10.2 Cải thiện các tủ hút khí độc và điểm hút

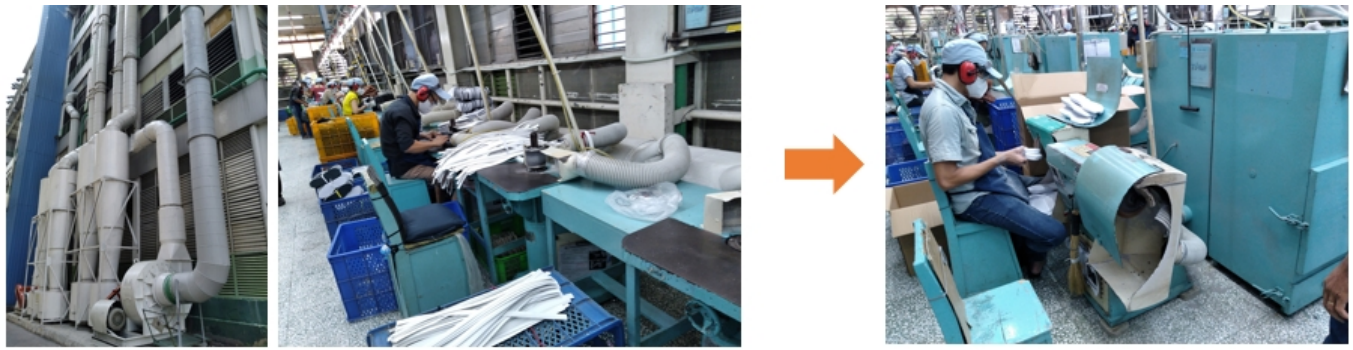
Tủ hút khí độc, bàn thao tác dòng khí tầng và các hệ thống thông gió hút cục bộ khác đại diện cho một lĩnh vực kiến thức rất chuyên sâu và rộng lớn, nhưng một số kỹ thuật tiết kiệm năng lượng chung vẫn được áp dụng:

- Thông thường, nếu có nhiều điểm hút hơn được kết nối với một hệ thống hút khí thải duy nhất thì tín hiệu về nhu cầu lưu lượng khí và áp suất từ mỗi điểm sẽ được gửi đến một bộ điều khiển tính toán tổng nhu cầu lưu lượng khí cho cả hệ thống hút khí thải và đặc biệt là hệ thống cung cấp khí thay thế.
- Đôi khi có thể thực hiện trao đổi nhiệt giữa khí thải và khí thay thế. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng khí thải có thể bị ô nhiễm theo nhiều cách và thậm chí có tính ăn mòn. Để tránh ô nhiễm chéo, việc thu hồi nhiệt có thể được thực hiện bằng cách sử dụng hai bộ trao đổi nhiệt riêng biệt, được nối với nhau bằng một mạch chất lỏng truyền nhiệt từ bộ trao đổi nhiệt này sang bộ trao đổi nhiệt kia. Hệ thống này cũng có thể kết hợp với bơm nhiệt.

- Các điểm hút nhỏ hơn kết nối với một hệ thống hút khí thải duy nhất cần luôn được trang bị van điều tiết đóng ngắt tự động hoặc thủ công để báo tín hiệu ngừng thông gió khi tất cả van điều tiết đã đóng.

Ví dụ 4: Thay thế hệ thống hút khí tập trung bằng quạt hút riêng tại các điểm hút

Một nhà máy giày ở TP. Hồ Chí Minh đã thay quạt hút lớn bằng quạt hút nhỏ cho từng vị trí mài.



Hình 2.4.9 : Thay quạt hút lớn bằng quạt hút nhỏ

Quạt hút lớn có công suất hoạt động 24kW, hút bụi cho 26 vị trí mài, tương đương với mức tiêu thụ điện năng khoảng 0,92 kW/vị trí mài.

Nhà máy đã đầu tư hệ thống hút riêng cho từng vị trí mài, bao gồm một quạt hút nhỏ 3Hp và một túi lọc bụi riêng biệt. Công suất hoạt động của quạt đo được khoảng 0,33 kW/vị trí mài, tương đương với tiềm năng tiết kiệm khoảng 64%.

Tiết kiệm năng lượng: 28.400 kWh/năm	**Mức đầu tư:** 260 triệu đồng
Tiết kiệm chi phí: 54 triệu đồng/năm	**Thời gian hoàn vốn:** 4,8 năm

2 Lựa chọn và trang bị quạt và máy thổi mới

Việc lựa chọn một quạt hoặc máy thổi mới phụ thuộc vào lưu lượng khí, áp suất, loại vật liệu xử lý, giới hạn không gian và hiệu suất. Ngoài ra, một yếu tố khác cũng quan trọng đó là lựa chọn chiến lược điều khiển phù hợp cho mục đích cụ thể.

Phần này nhằm cung cấp hướng dẫn lựa chọn loại quạt và chiến lược điều khiển phù hợp cho nhu cầu cụ thể.

2.1 Nhu cầu vận hành

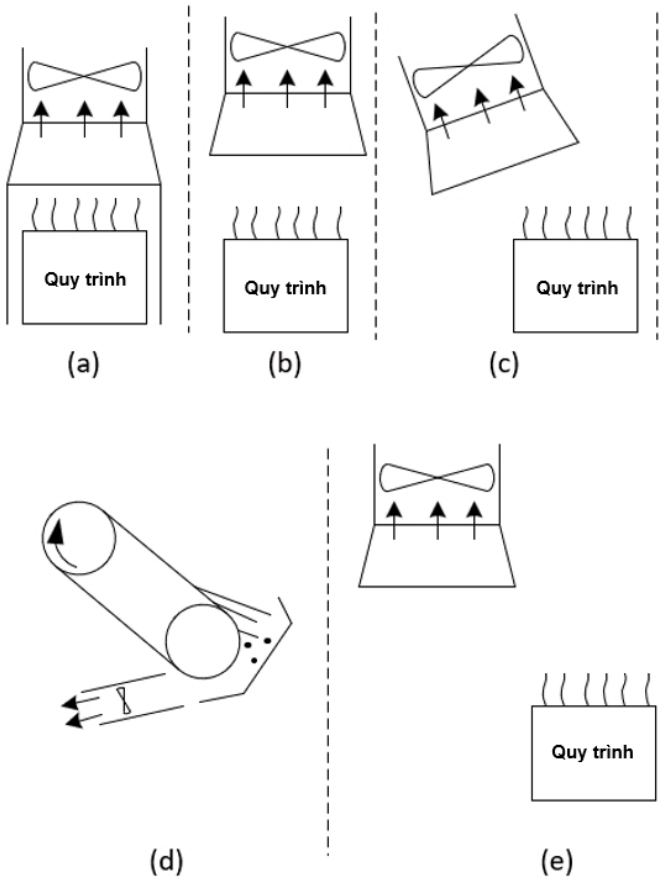
Trước khi đặt hàng bất kỳ quạt hoặc máy thổi mới nào, cần phân tích nhu cầu của quy trình công nghiệp để tối ưu hóa, do đó cần đảm bảo thông số về lưu lượng và áp suất không khí phải chính xác. Trong một số trường hợp, lưu lượng khí được quyết định bởi các yêu cầu của quy trình, như tốc độ truyền nhiệt hoặc lượng khí thải cần xử lý. Trong các trường hợp khác, ví dụ như thông gió cho quy trình công nghiệp, lưu lượng khí phụ thuộc nhiều vào thiết lập của hệ thống. *Điều này được mô tả chi tiết hơn trong phần 2.1.1.*

Việc dự đoán hoặc tính toán chính xác trở lực hệ thống thường khó thực hiện hơn nhưng lại là yếu tố rất quan trọng đối với đặc tính của hệ thống. Trong trường hợp tối ưu, có thể tiến hành phân tích chi tiết để xác định độ sụt áp theo chiều dài, các điểm uốn cong, co và giãn nở trong hệ thống ống dẫn, độ sụt áp qua các thiết bị như bộ trao đổi nhiệt, bộ lọc, v.v. Chúng cần được bổ sung vào yêu cầu áp suất cho đối với quy trình. Trong quy trình, độ sụt áp cũng cần được giảm thiểu càng nhiều càng tốt như mô tả trong phần 1.5. Với đặc điểm hệ thống đã biết, các chế độ vận hành khác nhau có thể được phát triển và thử nghiệm với mục đích triển khai các giải pháp tiết kiệm năng lượng cao

Thông thường, có thể thấy các biên độ an toàn rộng được đưa vào phân tích này dẫn tới sử dụng quạt có công suất quá lớn, vận hành ngoài điểm thiết kế với hiệu suất kém. Do đó, cần xác định lưu lượng khí và áp suất chính xác nhất có thể để đạt được hiệu suất tại điểm thiết kế của quạt.

2.1.1 Thông gió cho quy trình công nghiệp

Trước khi mua quạt mới để thông gió cho quy trình, hệ thống cần được thiết kế để loại bỏ ô nhiễm với lượng không khí tối thiểu, từ đó giảm mức tiêu thụ năng lượng trong quá trình vận hành. Hình 14 minh họa các nguyên lý thông gió khác nhau cho quy trình công nghiệp, *được mô tả kỹ hơn trong phần 2.1.1.1 đến 2.1.1.5.*



Hình 14 Minh họa các nguyên lý thông gió khác nhau cho quy trình công nghiệp. (a) thông gió khép kín, (b) nguyên lý thu gom tại nguồn, (c) nguyên lý chụp hút, (d) nguyên lý cơ học và (e) nguyên lý hút đơn giản.

2.1.1.1 Nguyên lý khép kín - Hình 14 (a)

Quy trình khép kín hoặc khép kín một phần và quạt có nhiệm vụ hút không khí ô nhiễm. Trong trường hợp này, không khí bị ô nhiễm chỉ có thể rời khỏi khu vực khép kín thông qua hệ thống thông gió, xem Hình 14 (a). Nguyên lý này được áp dụng cho các quy trình như nung chảy.

2.1.1.2 Nguyên lý thu gom tại nguồn - Hình 14 (b)

Trong trường hợp này, hút khí được thực hiện phía trên quy trình, xem Hình 14 (b), thường xuất hiện trong quy trình gia nhiệt như tại máy đúc, lò nung chảy, hàn, v.v. tại đó không khí được làm nóng. Không khí bị ô nhiễm được làm nóng trong quy trình này sẽ di chuyển lên cao tới điểm hút khí.

2.1.1.3 Nguyên lý chụp hút - Hình 14 (c)

Nguyên lý này phù hợp nhất cho các quá trình không có nhiệt, vì sẽ tốn quá nhiều năng lượng để khắc phục các lực nhiệt động lực học. Nếu các nguồn được cấp nhiệt, nên sử dụng nguyên lý thu gom tại nguồn thay thế. Theo nguyên lý này, một luồng không khí mạnh được tạo ra để thu gom chất ô nhiễm tại điểm hút, xem Hình 14(c). Điều này thường được áp dụng trong các quy trình hàn hoặc để loại bỏ bụi gỗ, bụi kim loại, cùng với hơi từ các quy trình. Trong trường hợp này, điều quan trọng là điểm hút phải được đặt gần và hướng về phía nguồn.

2.1.1.4 Nguyên lý cơ học - Hình 14 (d)

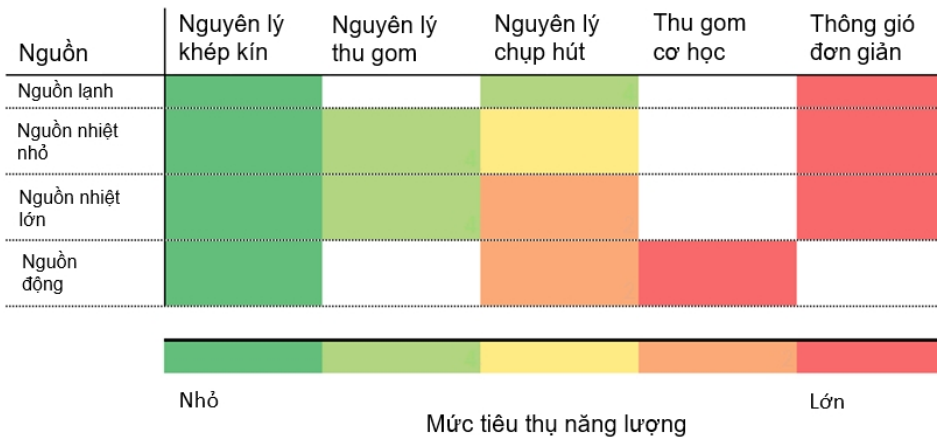
Nguyên lý cơ học phù hợp nhất với các nguồn ô nhiễm động như máy mài, trong trường hợp các hạt tương đối lớn bị ném hoặc thổi xuống bộ phận chặn tia lửa và sau đó được quạt hút ra ngoài, *xem Hình 14(d)*.

2.1.1.5 Thông gió đơn giản - Hình 14 (e)

Theo nguyên lý này, điểm hút khí ở xa nguồn, thường thấy khi sử dụng quạt hút trên mái để hút nhiệt hoặc chất ô nhiễm từ các quy trình khác nhau, *như minh họa trong Hình 14(e)*. Đây là phương pháp đơn giản nhất và cũng kém hiệu quả nhất để loại bỏ chất ô nhiễm vì cần lượng không khí lớn so với nguyên lý thu gom tại nguồn hoặc nguyên lý chụp hút.

2.1.1.6 So sánh

Hình 15 so sánh mức tiêu thụ năng lượng cho các nguồn khác nhau với các nguyên lý thông gió khác nhau. Như minh họa trong hình, nhìn chung nguyên lý khép kín là phương pháp tiết kiệm năng lượng nhất và nên được sử dụng khi có thể.



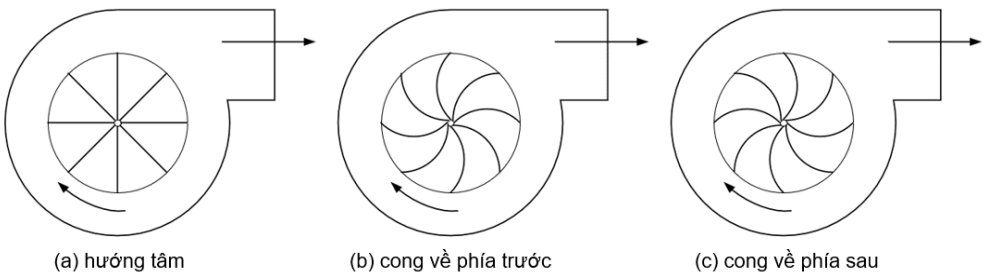
Hình 15 Xếp hạng mức tiêu thụ năng lượng cho thông gió quy trình công nghiệp với các nguồn và nguyên lý thông gió khác nhau. Các ô màu trắng thể hiện nguyên lý không phù hợp với nguồn [3].

2.2 Công nghệ

2.2.1 Quạt ly tâm

Trong quạt ly tâm, luồng không khí đổi hướng hai lần, một lần khi đi vào và lần thứ hai là khi đi ra. Có ba loại quạt ly tâm chính:

- Quạt hướng tâm
- Quạt cánh cong về phía trước
- Quạt cánh cong về phía sau



Hình 16 Sơ đồ các loại quạt ly tâm khác nhau.

Quạt hướng tâm, xem Hình 16 (a), phù hợp với các ứng dụng cần áp suất tĩnh cao, và dòng khí có thể bị ô nhiễm nặng. Do thiết kế đơn giản, những quạt này có thể hoạt động ở nhiệt độ cao.

Quạt cong về phía trước, xem Hình 16 (b), phù hợp trong môi trường sạch và hoạt động ở nhiệt độ thấp hơn. Loại quạt này phù hợp nhất để di chuyển khối lượng lớn không khí với áp suất tương đối thấp.

Quạt cong về phía sau, xem Hình 16 (c), có hiệu suất cao hơn quạt cong về phía trước và có thể phù hợp với các ứng dụng cần áp suất cao cùng với lưu lượng khí trung bình cao. Do các cánh quạt cong, loại quạt này chủ yếu phù hợp với không khí tinh khiết hoặc khí gas, vì bụi và các hạt khác có thể tích tụ trên cánh quạt.

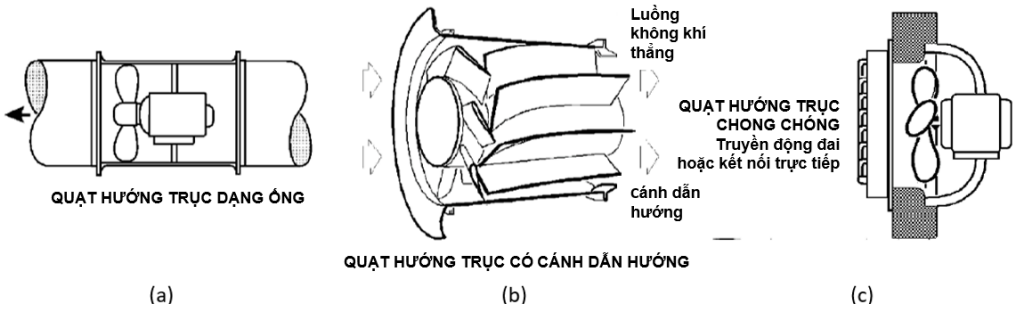
Một ưu điểm của quạt ly tâm là động cơ và hệ thống truyền động được đặt bên ngoài luồng không khí, do đó có thể sử dụng cho các quy trình nhiệt độ cao. Nhiệt độ tối đa cho phép được thông báo bởi nhà sản xuất.

2.2.2 Quạt hướng trục

Với quạt hướng trục, không khí đi vào và đi ra khỏi quạt mà không thay đổi hướng. Các loại chính của quạt hướng trục bao gồm:

- Quạt hướng trục dạng ống

- Quạt hướng trục có cánh dẫn hướng
- Quạt hướng trục chong chóng



Hình 17 Sơ đồ các loại quạt hướng trục khác nhau [1].

Đối với quạt hướng trục dạng ống như hình 17 (a), quạt có một lớp vỏ bọc bao quanh để cải thiện hiệu quả lưu lượng khí. Khi quạt quay nhanh hơn so với quạt trục chong chóng, nó có thể hoạt động ở mức áp suất cao lên đến 4 kPa với hiệu suất lên đến 65%.

Quạt hướng trục có cánh dẫn hướng, giống như quạt hướng trục dạng ống nhưng có hiệu suất cao hơn do có các cánh dẫn hướng và có thể được sử dụng cho mức áp suất lên đến 5 kPa. Quạt hướng trục có cánh dẫn hướng nhìn chung là loại quạt hiệu quả nhất và nên được sử dụng nếu có thể.

Quạt hướng trục chong chóng, xem Hình 17 (c), thích hợp cho tốc độ thấp và nhiệt độ vừa phải, thường phù hợp với các ứng dụng cần lưu lượng lớn không khí với áp suất thấp hoặc lưu thông khí tự do, chẳng hạn như quạt gắn tường trong các tòa nhà công nghiệp. Những quạt này hoạt động với hiệu suất 50% hoặc thấp hơn.

Đối với quạt hướng trục, động cơ và hệ thống truyền động được đặt trong luồng không khí, điều này, tùy thuộc vào nhà cung cấp, sẽ đặt ra các giới hạn về nhiệt độ tối đa cho phép trong ống dẫn.

2.2.3 Máy thổi

Máy thổi được sử dụng khi cần áp suất lên tới 120 kPa và các loại chính là máy thổi ly tâm và máy thổi dịch chuyển tích cực.

Máy thổi ly tâm thường hoạt động với áp suất từ 35 kPa đến 70 kPa. Loại này thường được sử dụng trong trường hợp rủi ro tắc nghẽn thấp, vì lưu lượng khí có xu hướng giảm đáng kể khi áp suất hệ thống tăng lên.

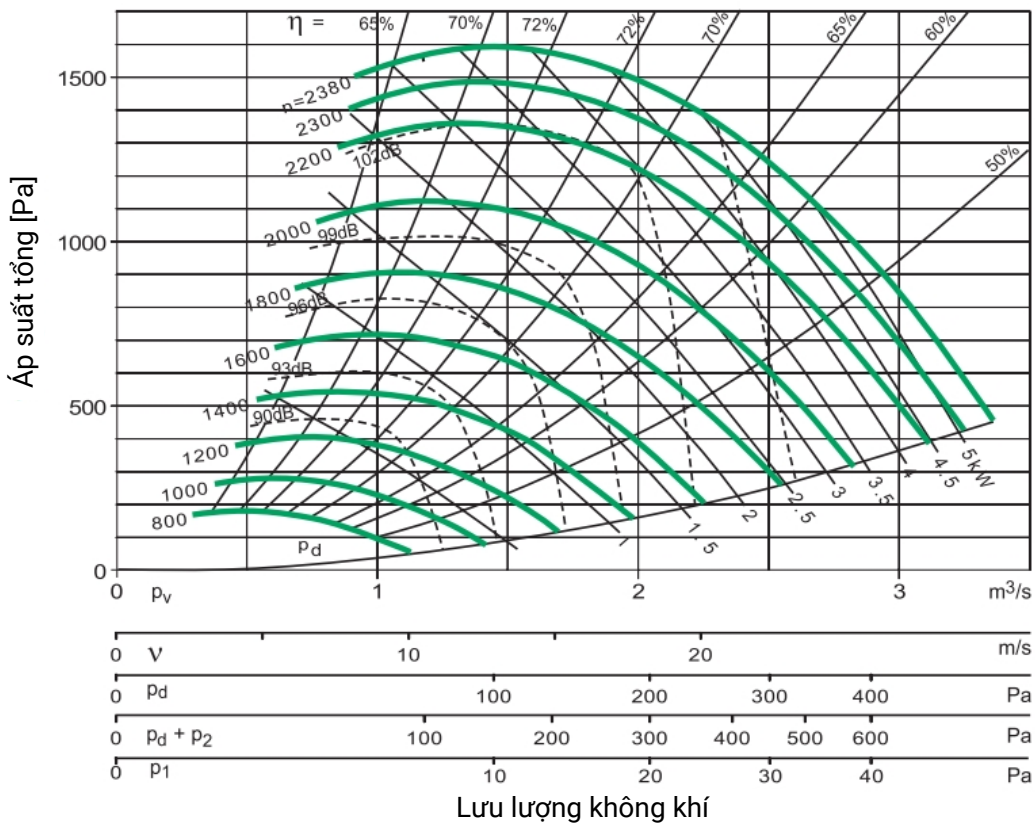
Máy thổi dịch chuyển tích cực cung cấp một lượng khí không đổi mà không bị ảnh hưởng bởi sự dao động của áp suất hệ thống. Những máy thổi này có thể phù hợp đối

với các trường hợp dễ bị tắc nghẽn, vì chúng có thể cung cấp mức áp suất đủ để thổi bay vật liệu gây tắc nghẽn.

2.2.4 Lựa chọn loại quạt

Việc lựa chọn loại quạt phụ thuộc rất nhiều vào nhu cầu sử dụng. Quạt ly tâm phù hợp cho lưu lượng khí từ thấp đến trung bình ở áp suất cao, trong khi quạt hướng trục phù hợp cho lưu lượng khí từ thấp đến cao ở áp suất thấp.

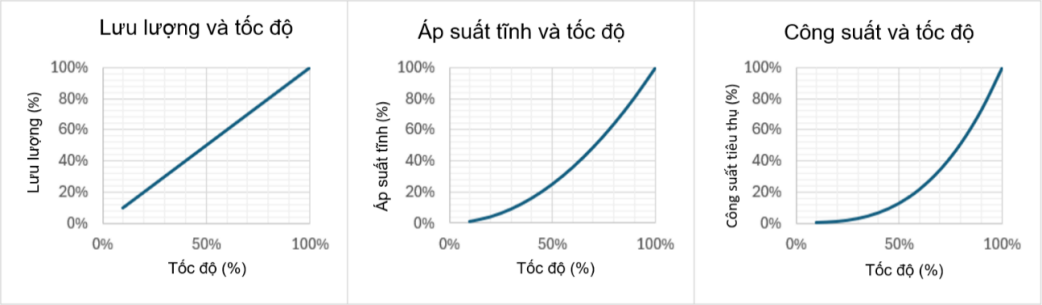
Một điểm quan trọng khác là cần nghiên cứu đường cong hiệu suất của quạt thông gió, thể hiện hiệu suất của quạt trong các điều kiện vận hành khác nhau. Hình 18 hiển thị đường cong hiệu suất của một loại quạt ly tâm cụ thể từ một nhà cung cấp. Từ biểu đồ này, có thể tính toán hiệu suất của quạt ở các mức lưu lượng khí, tốc độ và áp suất khác nhau, và có thể chọn quạt có hiệu suất cao nhất dựa trên điểm vận hành cụ thể. Phần 1.6 đề cập đến tầm quan trọng của việc điều chỉnh kích thước quạt sao cho phù hợp với điểm vận hành thực tế, và Hình 18 giải thích lý do cho điều này. Một thay đổi trong lưu lượng khí hoặc áp suất yêu cầu có thể thay đổi đáng kể tổng hiệu suất và mức tiêu thụ năng lượng của quạt.



Hình 18 Đường cong hiệu suất. Ví dụ đối với quạt ly tâm CNA-CNB của Novenco [8].

2.2.5 Định luật ái lực của quạt

Tất cả các quạt hoạt động theo một tập hợp các quy luật liên quan đến tốc độ, công suất và áp suất. Thay đổi tốc độ của quạt sẽ làm thay đổi mức tăng áp suất và công suất cần thiết để vận hành với tốc độ mới. Hình 19 minh họa ảnh hưởng của tốc độ quạt đến lưu lượng, áp suất tĩnh và công suất tiêu thụ.



Hình 19 Ảnh hưởng của tốc độ quạt đến lưu lượng, áp suất tĩnh và công suất tiêu thụ [1].

Hình 19 dựa trên các định luật dưới đây:

Lưu lượng và tốc độ	Áp suất tĩnh và tốc độ	Công suất và tốc độ
$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{N_1}{N_2}$	$\frac{SP_1}{SP_2}=\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$	$\frac{P_1}{P_2}=\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$

Trong đó Q là lưu lượng, N là tốc độ, SP là áp suất tĩnh và P là công suất.

Các quy luật trên cho thấy tầm quan trọng của việc thực hiện một nghiên cứu về tối ưu hóa, trước khi đầu tư vào các quạt mới, nhằm giảm nhu cầu lưu lượng khí do nhu cầu về lưu lượng khí giảm sẽ dẫn tới giảm nhu cầu về công suất quạt, từ đó có thể giảm công suất tiêu thụ tới lũy thừa 3 như đã minh họa. Điều này cho thấy cần ưu tiên tối ưu hóa hệ thống quạt và máy thổi, đã được minh họa trước đó ở Hình 11 và Hình 12.

2.2.6 Hệ thống điều khiển

Một hệ thống điều khiển hoạt động tốt (dù nhỏ và cục bộ hay lớn và toàn bộ) là điều cần thiết để cải thiện hiệu suất năng lượng hệ thống. Các vấn đề chính liên quan đến hệ thống điều khiển bao gồm:

- Kiểm tra xem hệ thống điều khiển có thể kiểm soát các quạt theo yêu cầu hay không và sự phù hợp giữa quy mô công suất quạt/động cơ/bộ truyền động và nhu cầu.
- Hệ thống điều khiển phải có khả năng vận hành ở giá trị cài đặt cao và thấp, cũng như ở các giá trị báo động cao và thấp. Ngoài ra, hệ thống cần có khả

năng xác định độ trễ xung quanh các giá trị cao và thấp cũng như các hằng số thời gian.

- Vận hành với biên độ càng lớn càng tốt giữa các ngưỡng cao và thấp cho bất kỳ giá trị điều khiển nào (đặc biệt là khi áp dụng các giá trị nhiệt độ và độ ẩm).
- Việc đo lưu lượng khí chính nên được thực hiện bằng một thiết bị đo lưu lượng đã được hiệu chuẩn và lắp đặt cố định, với độ sụt áp thấp nhất có thể (ví dụ: các phương pháp vortex, pitot hoặc dây nóng).
- Việc đo áp suất chính nên được thực hiện bằng hai cảm biến áp suất đã được hiệu chuẩn và lắp đặt cố định trước và sau quạt.
- Kiểm tra xem tất cả các phép đo và tín hiệu từ hệ thống có được hiển thị chính xác trên màn hình hệ thống điều khiển tự động hay không. Thông thường, những thông số này bao gồm lưu lượng khí và áp suất, áp suất chênh lệch, công suất động cơ, tín hiệu từ các công tắc an toàn, công tắc áp suất chênh lệch, và trong một số trường hợp là các giá trị nhiệt độ và độ ẩm.
- Kiểm tra xem các tín hiệu điều khiển động cơ quạt, van điều tiết, van, bơm và động cơ quay có tạo ra phản ứng đúng tại các cấu phần hay không.
- Luôn sử dụng tín hiệu phản hồi thực cho màn hình hiển thị cho người vận hành. Nếu sử dụng phản hồi tính toán, phản hồi đó phải được hiển thị bằng dấu hiệu rõ ràng.

2.3 Thiết kế ống dẫn

Đường ống dẫn nên được làm với càng ít đoạn uốn cong, khuỷu nối, v.v., càng tốt để giảm sức cản của hệ thống. Hơn nữa, việc thiết kế ống dẫn dạng tròn thay vì dạng vuông giúp giảm sức cản của hệ thống. Về vận tốc của không khí trong ống dẫn, các giá trị trong Bảng 6 có thể được sử dụng làm hướng dẫn.

	Quá trình	Vận chuyển vật liệu
Vận tốc không khí	15 m/giây	30 m/giây

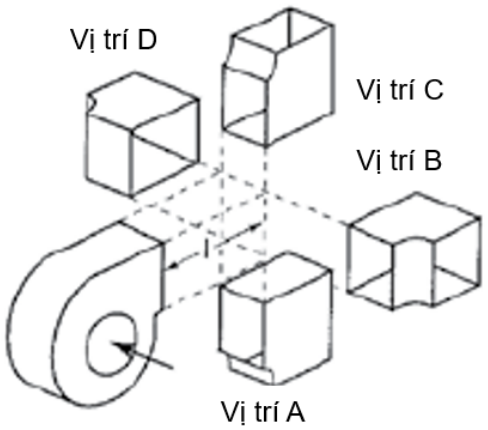
Bảng 6 Hướng dẫn về vận tốc không khí trong ống dẫn.

Thông thường, đầu vào của quạt ly tâm có một đoạn uốn cong như quan sát trong Hình 1. Điều này nên tránh vì nó làm tăng sụt áp. Nếu ống dẫn kết nối với đầu vào của quạt thì phải là ống dẫn thẳng.

Đầu ra của quạt ly tâm cũng thường làm tăng sụt áp không cần thiết. Quan trọng là ống dẫn ở đầu ra phải theo hướng xoáy của không khí để giảm thiểu tổn thất đến mức thấp nhất. Thiết kế kém có thể làm giảm hiệu suất của quạt đến 10%.

Nếu không khí đầu ra lệch hướng xoáy, cần lắp đặt một ống dẫn thẳng sau đầu ra để giảm thiểu tổn thất. Chiều dài của ống dẫn cần gấp ít nhất hai lần đường kính thủy lực.

Hình 20 minh họa các thiết kế đầu ra khác nhau của quạt ly tâm. Vị trí A không gây tổn thất nếu đáp ứng được yêu cầu về chiều dài thẳng giữa đầu ra quạt và đầu vào uốn cong. Vị trí B không gây tổn thất. Vị trí C và D gây giảm hiệu suất của quạt lần lượt là 10% và 5%.



Hình 20 Thiết kế đầu ra của quạt ly tâm [3].

Nhìn chung, kích thước của phần uốn cong cần tuân thủ hướng dẫn trong Bảng 7.

	Hướng dẫn
Hệ thống áp suất thấp	Bán kính uốn ≥ đường kính ống
Hệ thống áp suất trung bình và cao	Bán kính uốn / đường kính ống ≥ 2

Bảng 7 Hướng dẫn về kích thước bán kính phần uốn cong trong ống dẫn [3].

2.4 Các yếu tố khác cần cân nhắc

2.4.1 Vỏ quạt

Hiệu suất của quạt cũng phụ thuộc vào thiết kế vỏ quạt và ống dẫn. Thiết kế vỏ quạt với bộ cảm ứng hoặc khuếch tán thường hiệu quả hơn so với vỏ quạt dạng vuông. Các điều kiện ở đầu vào và đầu ra, ví dụ như xoáy và nhiễu loạn được tạo ra bởi lưới chắn,

van điều tiết, v.v., có thể ảnh hưởng đáng kể đến đường đặc tính hiệu suất của quạt. Tương tự, các đoạn uốn cong, khuỷu nối ở đầu vào hoặc đầu ra có thể thay đổi vận tốc không khí và do đó thay đổi các đặc tính của quạt. Cần đánh giá những yếu tố này khi chọn quạt vì chúng ảnh hưởng đến đường đặc tính hiệu suất của quạt.

2.4.2 Nhiệt độ không khí

Nhiệt độ đầu vào của không khí cũng là một yếu tố quan trọng vì nhiệt độ ảnh hưởng đến mật độ của không khí. Điều này ảnh hưởng đến tốc độ lưu lượng và khả năng tăng áp suất của quạt. Do đó, nếu nhiệt độ thay đổi đáng kể, điều quan trọng là cần cung cấp thông tin này cho nhà sản xuất để xem xét trong quá trình thiết kế quạt.

2.4.3 Các quy trình nhiệt độ cao và khí

Điều quan trọng là nhà sản xuất cần biết nhiệt độ của không khí và khí thải đi vào quạt hoặc máy thổi, cũng như thành phần của khí. Những yếu tố này ảnh hưởng đến việc lựa chọn vật liệu chế tạo quạt để đảm bảo tuổi thọ của quạt.

2.4.4 Bụi

Nếu có khả năng xuất hiện các hạt bụi trong ống dẫn, nhà sản xuất cần biết nồng độ bụi dự kiến và tính chất của bụi, vì điều này ảnh hưởng đến việc lựa chọn vật liệu cho quạt hoặc máy thổi.

2.4.5 Kết nối lưới điện

Cần cung cấp thông tin về kết nối nguồn điện sẵn có cho nhà sản xuất để đảm bảo quạt có thể kết nối với lưới điện. Ngoài ra, cần chỉ rõ điện áp và loại động cơ để loại bỏ các vấn đề về khả năng tương thích giữa quạt và lưới điện.

2.5 Phương pháp thực hiện

Phần 2.1 đến 2.4 cung cấp tổng quan về các yếu tố cần cân nhắc khi đặt mua quạt hoặc máy thổi mới.

Những điểm chính có thể được tóm tắt như sau:

1. Trước tiên, tối ưu hóa nhu cầu lưu lượng khí và giảm mức sụt áp.
2. Đảm bảo thông tin chính xác nhất có thể về lưu lượng khí và áp suất mà quạt hoặc máy thổi cần đáp ứng.
3. Chuẩn bị thông tin về lưu lượng khí, áp suất, bụi, nguồn điện lưới, nhiệt độ không khí và nhiệt độ của quy trình công nghiệp.
4. Kiểm tra các điểm trong phần 1 của tài liệu này để đảm bảo tất cả thiết bị và giải pháp mới là tốt nhất hiện có. Khi lắp đặt thiết bị mới, các giải pháp tiết kiệm năng lượng là giải pháp có chi phí thấp nhất và dễ tích hợp nhất.

3 Quy trình mua sắm hệ thống quạt và máy thổi mới

Quy trình mua sắm các hệ thống quạt và máy thổi mới chủ yếu liên quan đến việc bảo trì và thay thế thiết bị đã cũ hỏng, vì vậy quá trình này khá đơn giản. Tuy nhiên, cần phải kiểm tra xem có giải pháp tối ưu hơn không và liệu giải pháp có khả thi trong điều kiện hiện tại hay không. Phần này mô tả quy trình đầu tư vào thiết bị mới.

Để thực hiện điều này, quy trình mua sắm cần tuân theo các bước dưới đây:

1. Giai đoạn tiền khả thi
2. Giai đoạn khả thi
3. Giai đoạn đấu thầu
4. Giai đoạn đánh giá hồ sơ dự thầu

Các bước tiếp theo như triển khai, thử nghiệm, và vận hành thử hệ thống quạt hoặc máy thổi sẽ không được mô tả trong tài liệu này.

3.1 Giai đoạn tiền khả thi

Mục tiêu của giai đoạn tiền khả thi là xác định dự án thực hiện và đánh giá các giải pháp tổng thể thay thế để có thể kết luận phương án nào là tốt nhất.

Thách thức mà hầu hết các ngành công nghiệp phải đối mặt trong giai đoạn này là liệu có nên chọn giải pháp có chi phí rẻ hơn và hiệu quả sử dụng năng lượng kém hơn hay giải pháp tốn kém hơn nhưng hiệu quả sử dụng năng lượng cao hơn với chi phí vận hành thấp hơn. Khuyến nghị nên đánh giá kỹ lưỡng các giải pháp này và chuẩn bị tài liệu để trình ban lãnh đạo doanh nghiệp xem xét và đưa ra quyết định phù hợp.

Một yếu tố khác cần cân nhắc trước khi mua sắm thiết bị đó là liệu thiết lập hiện tại trong quy trình sản xuất có còn phù hợp trong tương lai hay không.

Cách đơn giản nhất thường là lắp đặt thiết bị mới mà không cần xem xét thêm, nhưng các khảo sát kỹ hơn có thể giúp phát hiện các giải pháp thay thế. Do đó, giai đoạn tiền khả thi cần đánh giá kỹ và xây dựng tài liệu về cơ sở thiết kế cho dự án và so sánh các yếu tố khác nhau trong chiến lược giải pháp, ví dụ:

1. **Mục đích của dự án là gì?**

   Cần xác định chính xác lý do xem xét lắp đặt quạt hoặc máy thổi mới.

   Như mô tả trước đó, lý do phổ biến nhất để khởi động một dự án mới liên quan đến quạt hoặc máy thổi là do chi phí bảo trì cao hoặc thiết bị đã cũ hỏng.

Tuy nhiên, quạt mới hoặc tối ưu hóa hệ thống hiện tại cũng có thể mang lại nhiều lợi ích khác, chẳng hạn như:

- Giảm chi phí vận hành (bao gồm năng lượng, nhân sự và bảo trì).
- Lưu lượng khí phù hợp hơn với nhu cầu.
- Cải thiện môi trường làm việc.
- Giảm lượng khí thải carbon.
- Tuân thủ quy định hiện hành.
- Nâng cao giá trị thị trường của sản phẩm nhờ giảm thiểu tác động môi trường.

Giá trị kết hợp của các lợi ích này có thể lớn hơn nhiều so với giá trị của tiết kiệm chi phí năng lượng. Do đó, cần cân nhắc những yếu tố này ngay từ giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi và làm nổi bật những yếu tố được coi là quan trọng nhất.

Ngoài ra, một chiến lược để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng và tối ưu chi phí hoặc giảm lượng khí thải carbon cũng có thể là lý do để khởi động một dự án.

2. Phạm vi của dự án là gì?

Một dự án có thể đơn giản chỉ là thay mới, ví dụ thay quạt, van điều tiết, ống dẫn, v.v. đã cũ hỏng. Tuy nhiên, dự án cũng có thể được khởi xướng do nhu cầu lắp đặt một hệ thống mới, ví dụ như khi mở rộng một nhà máy sản xuất với một máy sấy phun mới hoặc mở rộng hệ thống thông gió hiện tại, thay đổi chiến lược điều khiển, v.v.

Cần mô tả phạm vi dự kiến của dự án trong các giai đoạn đầu.

3. Nhu cầu nào cần được đáp ứng?

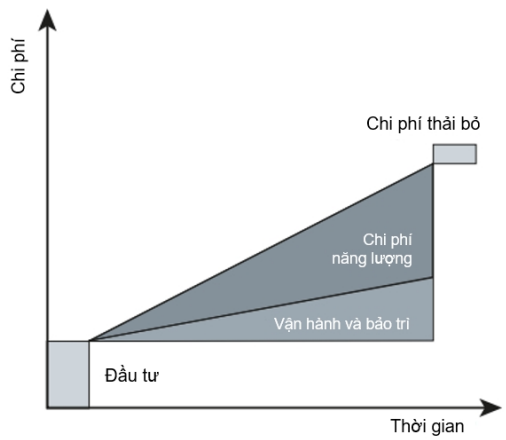
Cần khảo sát kỹ lưỡng nhu cầu để đảm bảo rằng thiết bị mới được xác định quy mô công suất phù hợp và nhu cầu về lưu lượng khí hoặc áp suất đã được giảm thiểu hết mức có thể.

Nếu quạt đã hỏng, cần đánh giá xem liệu quạt mới nên được thiết kế như quạt cũ hay có thể tối ưu hóa bằng cách đánh giá xem có thể giảm tiêu thụ năng lượng bằng một phương pháp điều khiển khác hoặc thay đổi thiết kế ống dẫn khí như đã mô tả trong phần 1 hay không. Cũng cần đánh giá xem điểm vận hành có thay đổi so với điểm thiết kế của quạt cũ hay không, vì trường hợp này hay xảy ra.

4. Sử dụng công nghệ nào?

Có nhiều công nghệ và nguyên lý thông gió cần cân nhắc khi lựa chọn giải pháp. Những điều này sẽ ảnh hưởng lớn đến tác động tổng thể về môi trường của dự án.

Hãy cân nhắc mục đích của dự án để lựa chọn loại quạt, phương pháp điều khiển, thiết kế ống dẫn khí, v.v. Hình 21 minh họa phân bổ chi phí theo thời gian sử dụng của thiết bị mới, cho thấy chi phí năng lượng và vận hành sẽ tăng lên trong suốt vòng đời thiết bị. Do đó, việc đầu tư vào công nghệ hiệu quả hơn là hợp lý, mặc dù tốn kém hơn, để giảm chi phí năng lượng và vận hành trong suốt vòng đời thiết bị và cải thiện tổng chi phí sở hữu (TCO) của dự án đầu tư.



Hình 21 Minh họa phân bổ chi phí trong suốt vòng đời của thiết bị mới.

Khi đã đánh giá các yếu tố trên, cần lập dự toán ngân sách đầu tư tương đối chính xác (CAPEX và OPEX) để ban lãnh đạo doanh nghiệp có thể phân bổ ngân sách cho dự án. Hơn nữa, cần thu thập tài liệu về hiệu suất năng lượng hiện tại để có thể so sánh hiệu suất năng lượng sau khi lắp đặt và kết luận liệu giải pháp có giúp tiết kiệm năng lượng không.

Báo cáo tiền khả thi phải mô tả mục đích, cơ sở thiết kế của dự án và đánh giá khoản đầu tư dự kiến (CAPEX) và chi phí vận hành dự kiến (OPEX) cho mỗi giải pháp thay thế đã xác định.

Như vậy, báo cáo tiền khả thi phải mô tả phương án kinh doanh của dự án gồm các giải pháp thay thế liên quan. Phương án kinh doanh phải bao gồm đánh giá tổng chi phí sở hữu (TCO) cho các giải pháp thay thế được tính toán dưới dạng NPV.

Báo cáo này sẽ được trình bày cho ban lãnh đạo doanh nghiệp để quyết định các bước tiếp theo. Thông thường, báo cáo cũng sẽ khuyến nghị trao đổi với ngân hàng về các phương án tài chính cho các giải pháp thay thế. Một số ngân hàng có các phương án cho vay và tài trợ hấp dẫn đối với các giải pháp bền vững, các phương án này cần được xác định ngay từ các giai đoạn đầu phát triển dự án do có thể tác động đáng kể đến chi phí tài chính dự án và các yếu tố khác.

Dựa trên các cuộc họp với ban quản lý doanh nghiệp sẽ thống nhất các bước tiến hành tiếp theo. Phạm vi của dự án cần được ghi chép trong báo cáo tổng kết và bắt đầu giai đoạn khả thi.

3.2 Giai đoạn khả thi

Mục tiêu của giai đoạn khả thi là thiết kế sơ bộ giải pháp được ưu tiên và lập ngân sách đầu tư tương đối chính xác (CAPEX và OPEX) để ban lãnh đạo doanh nghiệp có thể phân bổ ngân sách cho việc triển khai dự án.

Việc lập ngân sách đầu tư càng quan trọng hơn đối với các dự án lớn bao gồm quạt, ống dẫn, bộ lọc, bộ điều khiển mới, v.v. Trong một dự án chỉ cần thay thế quạt hoặc biến tần (VSD), khoản đầu tư thường có quy mô mà ngân sách bảo trì có thể trang trải.

Thông tin và hiểu biết của các nhà cung cấp rất quan trọng và có lợi khi triển khai nghiên cứu khả thi, đồng thời còn có thể đem lại những ý tưởng mới về cấu hình của hệ thống quạt hoặc máy thổi và các giải pháp ưu tiên. Hơn nữa, các nhà cung cấp có thể cung cấp ước tính chi phí chính xác hơn.

Nghiên cứu khả thi và báo cáo khả thi cần phải bao gồm tất cả các yếu tố cần thiết để đạt được giải pháp tối ưu nhất và có thể gồm các nội dung sau:

- Phạm vi dự án
- Mô tả chi tiết dự án
- Tối ưu hóa nhu cầu cần đáp ứng
- Tối ưu hóa tổng chi phí sở hữu (TCO) trong giai đoạn mười năm
- Phân tích tài chính, tức là chi phí đầu tư và vận hành (CAPEX và OPEX)
- Phương án tài chính (Ví dụ: trợ cấp)
- Đánh giá tác động đến các hoạt động của doanh nghiệp
- Đánh giá các tác động khác
- Rủi ro dự án
- Tổng quan về phê duyệt và khung pháp lý

- Khung thời gian thực hiện
- Tổ chức dự án, bao gồm các nhà cung cấp ưu tiên
- Khuyến nghị cho các bước tiếp theo

Kết quả của nghiên cứu khả thi là một báo cáo được sử dụng làm cơ sở cho quyết định đầu tư của ban lãnh đạo doanh nghiệp.

Cuối cùng, nghiên cứu khả thi cần được trình bày cho ban lãnh đạo doanh nghiệp để xin phê duyệt ngân sách cho các khoản đầu tư (CAPEX).

3.3 Giai đoạn đấu thầu

Dựa trên nghiên cứu khả thi và phê duyệt CAPEX từ ban lãnh đạo doang nghiệp, việc chuẩn bị chi tiết dự án sẽ bao gồm một số giai đoạn.

3.3.1 Xác định phạm vi cuối cùng

Thiết lập phạm vi chính xác của hợp đồng và các hạng mục thường sẽ bao gồm:

- Lắp đặt hoàn chỉnh hệ thống quạt
- Kết nối hệ thống điện
- Chiến lược điều khiển và hệ thống (giao diện với hệ thống điều khiển hiện tại)
- Giao hàng và lắp ráp
- Cách nhiệt
- Vận hành chạy thử (phối hợp chặt chẽ với chủ sở hữu)
- Vận hành thử nghiệm
- Đo tiếng ồn
- Tổng hợp tài liệu, gồm các số liệu về hiệu suất năng lượng và mức tiết kiệm năng lượng
- Bàn giao và nghiệm thu dự án
- Phụ tùng thay thế và hợp đồng dịch vụ (tùy chọn)

Danh sách trên phụ thuộc rất nhiều vào dự án thực tế sẽ được thực hiện. Đối với các hoạt động thử nghiệm, điều quan trọng là phải điều chỉnh các thông số vận hành để thiết lập chế độ làm việc tối ưu cho hệ thống hiện tại. Điều này có thể giúp xác định kết quả về lưu lượng, áp suất, công suất tiêu thụ điện và hiệu suất, đồng thời cung cấp thông tin về khả năng mở rộng của giải pháp được đề xuất. Ban quản lý doanh nghiệp có thể sử dụng thông tin này để thiết lập các chiến lược vận hành chính xác và hiệu quả.

3.3.2 Thông số kỹ thuật

Các yêu cầu đối với thiết bị phải được mô tả rõ ràng, đặc biệt là mô tả hiệu suất tổng thể của hệ thống:

Môi trường:

- Yêu cầu về tiếng ồn

Chức năng

- Lưu lượng khí và áp suất cung cấp
- Hiệu suất tổng thể của quạt
- Mức tiêu thụ điện tối đa (ở mức tải 100%)
- Hệ thống ống dẫn không bị rò rỉ (nếu lắp đặt ống dẫn mới)
- Chiến lược điều khiển

Cần xác định cụ thể cách tiến hành thử nghiệm hiệu suất thực tế, nhằm tránh các tranh luận sau này về phương pháp, thời gian, lấy mẫu, và tính toán.

Cũng cần mô tả cách xử lý các sai lệch và những điều kiện cần đáp ứng trước khi thực hiện bàn giao, đặc biệt đối với dự án lớn có lắp đặt mới các hệ thống so với việc chỉ thay thế quạt hoặc chuyển từ van điều tiết sang biến tần (VSD).

3.3.3 Đảm bảo hiệu suất

Trước khi thiết lập các điều kiện để đảm bảo hiệu suất, cần đánh giá các điều kiện vận hành để đảm bảo rằng có thể thực hiện các thử nghiệm.

3.3.4 Hợp đồng dịch vụ

Việc đưa các phụ tùng thay thế và bảo trì hệ thống quạt vào hợp đồng sẽ giúp vận hành với chi phí hợp lý trong những năm sau.

3.4 Giai đoạn ký hợp đồng

Việc đánh giá báo giá có hai mục đích chính:

- Xác định các sai lệch so với hồ sơ mời thầu
- So sánh các hồ sơ thầu để có thể đàm phán giá

Trong quá trình làm rõ về kỹ thuật, cần xem xét kỹ hai báo giá hấp dẫn nhất để đảm bảo minh bạch, không có sự hiểu lầm và sai lệch so với hồ sơ mời thầu.

Sau khi làm rõ và đàm phán giá cuối cùng, hợp đồng có thể được hoàn tất.

3.5 Các giai đoạn sau của dự án

Cần theo dõi chặt chẽ giai đoạn lắp đặt và vận hành để đảm bảo rằng các quyết định thiết kế quan trọng trong giai đoạn khả thi và đấu thầu được thực hiện.

Sau khi dự án đã được lắp đặt và vận hành, cần tiến hành đánh giá tổng quát thông qua thu thập và tổng hợp thành văn bản số liệu về hiệu suất năng lượng mới. Điều này không chỉ liên quan đến đảm bảo hiệu suất mà còn đánh giá xem liệu mức tiết kiệm năng lượng có đạt được không, vì đó có thể là một trong những lý do chính để khởi xướng dự án ngay từ đầu. Việc đánh giá dự án có thể bao gồm các nội dung như:

- Dự án có đạt mức giảm tiêu hao năng lượng như tính toán không?
- Dự án có hoàn thành trong phạm vi ngân sách không?
- Hệ thống mới có hoạt động như mong muốn không?
- Có tiềm năng tối ưu hóa nào khác có thể xem xét sau đó hay không?

Tài liệu tham khảo

[1] Hiệu quả năng lượng trong các hệ thống cung cấp điện, Sách hướng dẫn thi lấy chứng chỉ quốc gia dành cho nhà quản lý năng lượng và kiểm toán viên năng lượng, Văn phòng Tiết kiệm năng lượng.

[2] Yêu cầu về thiết kế sinh thái đối với quạt chạy bằng động cơ có công suất điện đầu vào từ 125 W đến 500 kW.

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0327-20170109

Truy cập ngày 24-06-2024.

[3] Den lille blå omventilation. Dansk Energi

https://elforsk.dk/udgivelser

Truy cập ngày 24-06-2024.

[4] Yêu cầu thiết kế sinh thái đối với động cơ điện và bộ truyền động biến tốc

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R1781-20230124

Truy cập ngày 24-06-2024.

[5] Động cơ IE5: Tầm quan trọng, lợi ích và cách chúng tôi sử dụng chúng

https://www.dutypoint.com/ie5-motors/

Truy cập ngày 24-06-2024.

[6] Báo cáo Nhiệm vụ 1, Danida & Cơ quan Chuyển đổi Carbon thấp (LCTU)

[7] Tài liệu tham khảo về Các kỹ thuật tốt nhất hiện có (BAT) cho ngành Thực phẩm, Đồ uống và Sữa

https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference

Truy cập ngày 24-06-2024.

[8] Quạt ly tâm nhiệt độ tiêu chuẩn và mở rộng CNA-CNB

https://www.novenco-building.com/media/1333/cna-cnb-cat-gb-mu15544-0517.pdf

Truy cập ngày 25-06-2024.

Phụ lục. Các nhà cung cấp sẵn có

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Trang web	Loại thông gió
Nhà cung cấp trong nước				
1	Công ty TNHH Châu Phú	Lô A110, Đường số 2, Khu công nghiệp Thái Hòa, Ấp Tân Hòa, Xã Đức Lập Hạ, Huyện Đức Hòa, Tỉnh Long An, Việt Nam	http://www.chauphu.com/	Quạt công nghiệp, hệ thống thông gió
2	Công ty TNHH Sản xuất Thương mại Thiết bị Công nghiệp Nam Tiến	182/1G Ấp Tân Thới 3, Xã Tân Hiệp, Huyện Hóc Môn, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam	https://hutbui.vn/	Quạt hút, linh kiện và hệ thống thông gió
3	Công ty Cổ phần Kỹ thuật Công nghệ Hải Yến	103 Phạm Văn Chiểu, Phường 14, Quận Gò Vấp, TP. HCM	www.hytech.vn	Điều hòa trung tâm, thông gió, điện lạnh công nghiệp
4	Công ty TNHH Công nghiệp Nghệ Năng	Số 77, Đường ĐT 743, KP. Đông Tác, phường Tân Đông Hiệp, thành phố Dĩ An, tỉnh Bình Dương.	https://nghenang.vn/	Quạt hút, bộ phận thông gió & hệ thống sưởi, thông gió và điều hòa không khí (HVAC)
5	Công ty TNHH Cơ điện Đại Phong	Số 6/9 Đỗ Văn Day, Phường Tân Hiệp, Quận Hóc Môn, TP. HCM	www.quatdaiphong.com	Quạt công nghiệp, hệ thống làm mát
6	Công ty TNHH Sản xuất Thương mại và Cơ Điện Phương Linh.	Chi nhánh miền Nam - Trung tâm Điện máy Phương Linh 4: Địa chỉ: Số 28/9 Trường Chinh,	https://phuonglinh.vn/	Quạt công nghiệp, hệ thống thông gió, làm mát

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Trang web	Loại thông gió
		Phường Tân Thới Nhất, Quận 12, TP.HCM		
7	Công ty Cổ phần Thiết bị Công nghiệp Toàn Cầu	Số 134 Hàng Bạc, Phường Hàng Bạc, Quận Hoàn Kiếm, Thành phố Hà Nội, Việt Nam	https://quattoancau.vn/	Quạt công nghiệp, hệ thống thông gió, làm mát
8	Công ty Cổ phần Tự động hóa và Công nghệ Đức Phong (Dpta)	161 Ngô Quyền, Phường Hiệp Phú, Thành phố Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam	www.dpta.com	Hệ thống thông gió, làm mát
9	Công ty TNHH Thương mại và Dịch vụ Kỹ thuật Mặt trời Việt	Quốc lộ 51, Khu phố Tân Hành, Phường Phú Mỹ, Thị xã Phú Mỹ, Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu	https://bangtaivietsun.com.vn/	Hệ thống thông gió, làm mát
Nhà cung cấp quốc tế				
10	Công ty Nederman Việt Nam	16 Đặng Tất, P. Tân Định, Quận 1, TP.HCM	https://www.nederman.com/	Quạt, hệ thống hút bụi công nghiệp
11	Công ty TNHH Xuất nhập khẩu Thiết bị Duy Anh- Đại diện chính thức của Donaldson tại Việt Nam	Số 86, Đường Lê Trọng Tấn, Phường Khương Mai, Quận Thanh Xuân, Thành phố Hà Nội, Việt Nam	https://donaldson-vietnam.vn/	Các thành phần của hệ thống thông gió
12	Venti Oelde Ventilatorenfabrik Oelde GmbH	Robert-Schuman-Ring 21, D-59302 Oelde, Đức	https://www.venti-oelde.com/products	Quạt công nghiệp

STT	Tên công ty	Địa chỉ nhà máy	Trang web	Loại thông gió
13	HOWDEN SOLYVENT VENTEC	69330, Auvergne-Rhône-Alpes, Meyzieu, Pháp, Số 1E Nguyễn Văn Thụ, Quận 1, TP. HCM, Việt Nam	https://www.howden.com/	Quạt công nghiệp HVAC
14	Quạt EuroVent	Công ty TNHH TN Metal Works 92/1 Moo.7 Petchkasem Rd., Omnoi, Krathumban, Samut sakorn 74130	http://www.eurovent butter.com/	Quạt công nghiệp HVAC
15	Quạt Reitz (Reitz Holding GmbH & Co.)	Konrad-Reitz-Straße 1, D-37671 Höxter-Albaxen, Đức	www.reitzgroup.com	Quạt công nghiệp

CỤC ĐỔI MỚI SÁNG TẠO, CHUYỂN ĐỔI XANH VÀ KHUYẾN CÔNG
BỘ CÔNG THƯƠNG

54 Hai Bà Trưng, phường Cửa Nam, Hà Nội
024. 2220 5528