



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0041230

(51)^{2020.01} F03D 1/04

(13) B

(21) 1-2021-06170

(22) 04/10/2021

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/04/2023 421

(73) 1. Công ty cổ phần CONINCO Máy xây dựng và công trình công nghiệp (VN)
số 4 Tôn Thất Tùng, phường Trung Tự, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội
2. Vũ Huy Toàn (VN)

P309, nhà B3 Tập thể, phường Trung Tự, quận Đống Đa, Hà Nội

(72) Vũ Huy Toàn (VN); Cao Minh Tuấn (VN); Nguyễn Văn Thông (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP THU NĂNG LƯỢNG GIÓ TRÊN CAO

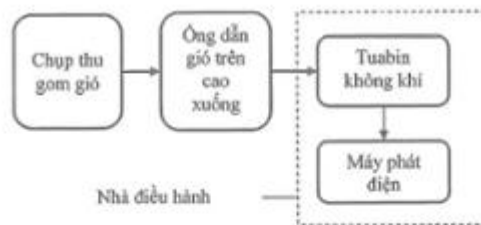
(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp thu năng lượng gió trên cao với hiệu suất lớn hơn và tối ưu hơn về mặt công nghệ chế tạo lắp đặt thiết bị. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến phương pháp thu năng lượng gió trên cao với hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp, phương pháp này bao gồm các bước:

thu gom gió trên cao;

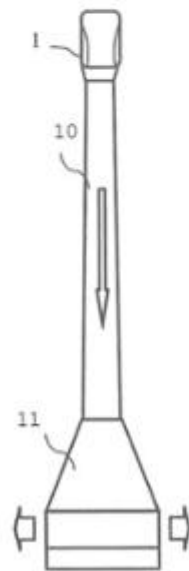
dẫn gió trên cao được thu gom xuống dưới;

biến đổi năng lượng của gió được thu gom thành công cơ học để quay một hoặc nhiều máy phát điện đặt trên mặt đất.

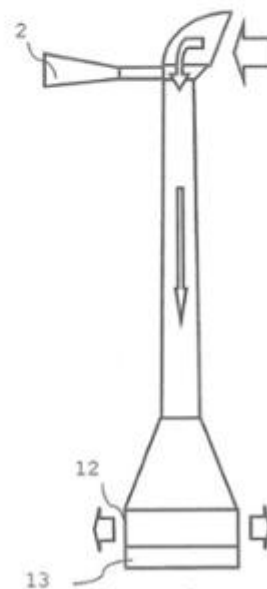
Hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp này có giá thành rẻ hơn nhiều lần so với các trụ điện gió truyền thống.



a)



b)



c)

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới lĩnh vực biến đổi năng lượng gió thành cơ năng quay hoặc điện năng phục vụ nhu cầu sinh hoạt dân dụng, sản xuất, v.v.. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới phương pháp thu năng lượng gió trên cao, nơi mà gió đạt tới tốc độ lớn hơn và ổn định hơn so với trên mặt đất vốn có nhiều yếu tố địa hình cao thấp khác nhau.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Năng lượng gió nói chung được loài người sử dụng từ thời xa xưa tới nay, nếu không tính tới các thuyền buồm, thì đều được thực hiện bởi các động cơ gió hay còn gọi là tuabin gió (TBG). Tùy thuộc vào cách đặt trục quay theo phương thẳng đứng hay nằm ngang, TBG được chia thành hai loại: trục đứng và trục ngang. Có thể thấy mặc dù sử dụng loại nào đi chăng nữa, nhưng giải pháp chung quy vẫn chỉ có một, đó là đặt trực tiếp các TBG với các cánh quạt vào thẳng luồng gió đang chuyển động. Được biết, tốc độ gió trên cao luôn lớn và ổn định hơn gió dưới mặt đất trong khi công suất gió P_G thổi thẳng tới TBG lại tỷ lệ với lập phương tốc độ gió (V):

$$P_G = 0,5\rho SV^3 \quad (1)$$

với ρ – là khối lượng riêng của không khí; S – là diện tích đón gió của vùng mà cánh quạt quét qua, nên việc đưa TBG lên cao nhằm tận dụng tối đa năng lượng gió là giải pháp đầu tiên được nghĩ đến khi phát triển ngành năng lượng điện gió và được sử dụng cho đến nay.

Tuy nhiên, việc đưa TBG lên cao chỉ thích hợp với động cơ gió trục ngang vì nó có thể làm việc được với gió có tốc độ lớn, nhưng vẫn có khả năng chống chọi với giông bão. Để làm việc được với tốc độ gió lớn, cũng tức là áp lực gió lớn, thì tiết diện đón gió (s) của cánh quạt phải thu nhỏ lại, bằng không sẽ dễ bị

bẻ gãy. Nhưng, như thế thì hệ số đón gió tĩnh (k_t) là tỷ số giữa tiết diện đón gió (s) của n cánh quạt trên diện tích mặt tròn (S) mà các cánh quạt quét qua:

$$k_t = \frac{ns}{S} \quad (2)$$

lại giảm xuống. Tất nhiên, hệ số đón gió tĩnh ở đây chỉ tính tới khả năng hấp thụ năng lượng gió của cánh gió mà chưa thể biến thành công cơ học để quay được động cơ gió (ĐCG). Việc tăng hệ số đón gió tĩnh k_t không có nghĩa là tăng tuyến tính được công suất hấp thụ của ĐCG vì có sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cánh quạt. Thực tế cho thấy, chỉ nên chọn 3 cánh quạt là tối ưu (xem tài liệu tham khảo 1). Ngoài ra, được biết rằng đối với cánh gió ngoài áp lực gió vừa đề cập đến ở trên còn thành phần chênh áp do tốc độ dòng chảy khác nhau giữa mặt trước cánh quạt đón gió trực tiếp và mặt sau chịu gió xoáy đặc trưng bởi hệ số khí động k_d , phụ thuộc vào tốc độ gió và kết cấu hình học cụ thể của cánh gió. Các đo đạc thực tế cho thấy:

$$k_d = (2,5 \div 3,5)k_t \quad (3)$$

Được biết việc tính toán hiệu suất ĐCG cho đến nay chủ yếu vẫn dựa vào định luật Betz được ông chứng minh vào đầu thế kỷ XX với mục đích tìm ra giới hạn trên cho hiệu suất thu năng lượng của cánh quạt của ĐCG đó chứ chưa quan tâm được tới năng lượng thu được đó có được chuyển thành công cơ học để quay cánh quạt đó hay không (xem tài liệu tham khảo 2); giới hạn này theo tính toán của Betz là $< 59,3\%$. Việc đánh giá thực trạng của ĐCG hiện nay nên bắt đầu lại ngay từ định luật Betz như được tác giả trình bày tại tài liệu tham khảo 3, theo đó hiệu suất thực tế của các TBG không lớn tới 30-45% như cho đến nay vẫn kỳ vọng.

Về mặt thực tiễn, các tác giả đã thực hiện việc kiểm tra trên các ĐCG thực tế đang được vận hành (xem Hình 1) thì nhận thấy rằng hệ số đón gió tĩnh k_t của cánh quạt theo (2) chỉ là $\sim 3,8\%$ còn hệ số đón gió động k_d theo (3) có thể lớn hơn $2,5 \div 3,5$ lần, tùy theo tốc độ gió, thì hiệu suất thực của cánh quạt chắc chắn phải nhỏ hơn con số 10%, vì còn tồn thất do chuyển đổi từ năng lượng gió

thành công cơ học để quay cánh quạt nữa, chứ không thể lớn hơn được (xem Hình 2).

Trong khi đó, việc đặt các thiết bị ở trên cao có tốc độ gió lớn tuy thu được năng lượng gió lớn, nhưng đổi lại, cần các giải pháp kỹ thuật phức tạp trong chế tạo cũng như trong vận chuyển, lắp đặt, vận hành, bảo dưỡng và chi phí rất tốn kém. Ví dụ, một ĐCG công suất 10 MW có trụ đỡ cao lên tới 240 m với 3 cánh quạt, mỗi cánh nặng 3-5 chục tấn và có chiều dài tới trên 100 m. Toàn bộ cụm máy phát điện có trọng lượng cả trăm tấn cũng được đặt trên đỉnh trụ đỡ đó thì đủ thấy những khó khăn như thế nào để thực hiện nó? Chính vì vậy, suất đầu tư cho điện gió trên cao còn lớn hơn cả suất đầu tư cho thủy điện, cụ thể là vào khoảng 1,5 triệu USD/MW công suất, thậm chí là tốn kém hơn nhiều ngay cả các ĐCG công suất nhỏ đặt ở dưới thấp nhưng với số lượng lớn có tổng công suất tương đương.

Ngoài ra, không phải là không có ảnh hưởng tới môi trường bởi tiếng ồn do các cánh quạt (blade) có sai cánh lớn gây ra – tiếng ồn khí động học phát ra trong quá trình tương tác của cánh quạt với luồng gió. Mức độ ồn của ĐCG ở khoảng cách 350m là 35÷45 db; ở gần trục cánh quạt của các ĐCG công suất lớn, độ ồn có thể vượt 100 db. Ngoài ra, các cánh quạt bị gãy, hết thời hạn sử dụng cũng sẽ là vấn đề lớn đối với việc tái chế rác thải composit sợi thủy tinh rất khó tự tiêu hủy này. Nói cách khác, nhu cầu phải cải tiến tăng hiệu suất của phương pháp thu nhận năng lượng gió đang trở nên ngày càng cấp thiết trên phạm vi toàn cầu.

Những điều đã nói ở trên đặt ra những thách thức cho sự phát triển năng lượng gió trong dài hạn, khi các ĐCG đặt trên cao chiếm tỷ lệ ngày càng lớn trong cơ cấu điện năng của lưới điện Quốc gia, nói riêng, và trên toàn cầu, nói chung ở mức 20÷30%. Gần đây, được biết đến các giải pháp chia nhỏ diện tích đón gió để áp dụng các cánh quạt ngắn hơn hàng chục lần, được lắp đặt trên cùng một dàn có độ cao lên tới 300 m. Tuy nhiên, về mặt thực tế, để điều chỉnh cả một dàn lớn như vậy theo hướng luồng gió thổi là không khả thi.

Tài liệu tham khảo:

1- Nguyễn Ngọc Tân. Công nghiệp điện gió, Tp.HCM, 2012.
https://tailieu.vn/docview/tailieu/2015/20151016/nhasinhaoanh_08/c3_cong_nghiep_dien_gio_2012_do_ngoc_tan_6866.pdf?rand=813561

2- Định luật Betz. https://en.wikipedia.org/wiki/Betz%27s_law

3- Vũ Huy Toàn. Tính lại hiệu suất động cơ gió. Báo cáo tại Hội nghị Vật lý kỹ thuật và Ứng dụng toàn quốc lần thứ 7 CAEP 7, 2021.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế phương pháp thu năng lượng gió trên cao là khắc phục những nhược điểm đã nêu tại phần tình trạng kỹ thuật của sáng chế. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến phương pháp thu năng lượng gió trên cao với hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp, phương pháp này bao gồm các bước:

thu gom gió trên cao;

dẫn gió trên cao được thu gom xuống dưới;

biến đổi năng lượng của gió được thu gom thành công cơ học để quay một hoặc nhiều máy phát điện,

trong đó hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp bao gồm:

chụp thu gom gió trên cao có miệng loe rộng và đầu ra thu hẹp lại để tăng tốc độ gió được thu gom và dẫn xuống dưới;

cánh đuôi neo gắn với chụp thu gom gió trên cao để chỉnh hướng của chụp thu gom gió này theo hướng gió;

chụp chắn gió;

ống dẫn gió để dẫn gió được thu gom từ trên cao xuống;

tuabin không khí có hiệu suất cao;

tùy ý với sự có mặt hoặc vắng mặt của buồng thoát không khí; và
nhà điều hành xây trên mặt đất để đặt tất cả các bộ phận của ĐCG và các
kết cấu phụ trợ khác;

khác biệt ở chỗ,

hiệu suất đón gió của cánh quạt η_{CQ} của ĐCG được xác định trên cơ sở
thành phần gió có thể đem lại cơ năng quay cho cánh quạt chứ không phải toàn
bộ lượng gió do cánh quạt hấp thụ như cách của Betz; nó không phải là một con
số cố định cho mọi cánh quạt mà phụ thuộc vào từng loại cánh quạt cụ thể và
điều quan trọng hơn cả là hiệu suất này thật ra rất thấp, nhỏ hơn ~ 10 lần so với
giới hạn Betz và $\sim 6\div 9$ lần so với công bố của các hãng chế tạo ĐCG;

cũng vì hiệu suất của ĐCG đặt trên cao quá thấp như vậy nên thay vì đặt
ĐCG trên cao với tiết diện mặt tròn đón gió S của cánh quạt lớn, thì sẽ chỉ cần
đặt chụp thu gom gió nhỏ, nhẹ hơn nhiều, còn gió được đưa xuống dưới nhờ
ống dẫn gió và khi đó, ĐCG và tổ máy phát điện được đặt trên các kết cấu độc
lập trên mặt đất và làm việc với gió thu được hoàn toàn có định hướng.

Sáng chế theo phương pháp này có các ưu điểm sau:

Thứ nhất, do toàn bộ ĐCG và máy phát điện đều đặt dưới mặt đất, còn gió
được dẫn từ trên cao xuống nên trụ đỡ chỉ còn phải đỡ chụp thu gom gió đồng
thời đóng vai trò là ống dẫn khí nên sẽ chỉ còn phải chịu tải trọng của chụp thu
gom gió nhỏ hơn nhiều so các trụ ĐCG được biết đến hiện nay, khiến những
yêu cầu cao về kết cấu trụ đỡ không còn nữa, trong khi công suất của ĐCG vẫn
không thay đổi.

Thứ hai, cũng do không còn các cánh quạt trên cao nên vấn đề với các cấu
kiện siêu trường, siêu trọng không còn đặt ra nữa và khoảng cách giữa các trụ
điện gió cũng sẽ giảm đáng kể, tạo điều kiện xây dựng các trại điện gió với mật
độ lớn hơn hàng chục lần so với ĐCG trên cao hiện nay.

Thứ ba, chi phí chế tạo, vận chuyển và lắp đặt ĐCG giảm nhiều lần, ít nhất
cũng không dưới 3 lần.

Thứ tư, do trọng tâm của toàn bộ kết cấu trụ điện gió đã được hạ thấp xuống hàng chục lần nên tăng khả năng chịu được động đất.

Thứ năm, vì không còn phải đối mặt với gió dãn trải ở trên cao mà bây giờ, nó đã được định hướng theo một luồng nhất định, nên việc áp dụng các phương pháp chuyển năng lượng gió thành cơ năng, hoặc điện năng có thể được mở rộng cho bất cứ một loại ĐCG nào miễn được thiết kế cho phù hợp. Kết quả là hiệu suất thu năng lượng gió của ĐCG có thể đạt tới ~80% cao hơn ~10 lần so với giải pháp ĐCG trên cao truyền thống có cùng công suất.

Thứ sáu, việc điều chỉnh lựa theo hướng gió chỉ cần thực hiện đối với chụp thu gom gió trên cao rất nhẹ nên chỉ cần sử dụng cánh đuôi neo gắn với chụp thu gom gió đơn giản hơn nhiều so với việc phải quay cả hàng trăm tấn ĐCG trên cao truyền thống, còn trong trường hợp muốn lắp thêm hệ hồng tự động điều chỉnh chụp thu gom gió quay 360° thì cũng đơn giản hơn nhiều.

Thứ bảy, về vấn đề môi trường, do ĐCG đã được nằm gọn trong các kết cấu cách âm dưới mặt đất nên tiếng ồn về cơ bản được khắc phục và vì các cánh gió của các ĐCG dạng tuabin không khí bằng kim loại nên có thể được tái chế sau khi hết thời hạn sử dụng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các mục đích, ưu điểm và khía cạnh khác nữa của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn qua phần mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Hình 1 là hình ảnh một động cơ gió trục ngang trên cao điển hình với 3 cánh quạt gắn với buồng đặt máy phát điện ngay đằng sau.

Hình 2 mô tả ống dẫn khí với tiết diện thay đổi theo điều kiện của Betz.

Các hình vẽ từ Hình 3a đến Hình 3d thể hiện chuyển động của dòng khí qua cánh quạt của ĐCG ở hai trạng thái khác nhau và các sơ đồ phân tích áp lực gió lên cánh quạt.

Các hình vẽ từ Hình 4a đến Hình 4c là các hình vẽ ba chiều mô tả một ví dụ cụ thể về chụp thu gom gió 1 với cánh đuôi neo 2 và chụp chắn gió 4.

Hình 5a là mặt cắt ngang của tuabin không khí dự kiến và Hình 5b là hình ảnh của một kiểu tuabin hơi nước có thể được cải tiến để thành tuabin không khí đó.

Hình 6a mô tả sơ đồ tổng thể về hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp được sử dụng trong phương pháp thu năng lượng gió trên cao với một tuabin không khí 11 đặt thẳng đứng, còn Hình 6b và 6c lần lượt là hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh thể hiện hệ thống thiết bị theo sơ đồ bố trí trên Hình 6a.

Hình 7a mô tả sơ đồ tổng thể về một hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp khác được sử dụng trong phương pháp thu năng lượng gió trên cao với một tuabin không khí 11 đặt nằm ngang và hệ thống thiết bị còn bao gồm một ĐCG trực đứng 15, còn Hình 7b và Hình 7c lần lượt là hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh thể hiện hệ thống thiết bị theo sơ đồ bố trí trên Hình 7a.

Hình 8a và Hình 8b lần lượt là hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh của hệ thống thiết bị về cơ bản là giống như trên Hình 7, nhưng bổ sung thêm một ĐCG trực đứng 17 nhưng đặt nằm ngang phía trước cút chuyển hướng 14.

Hình 9a và Hình 9b lần lượt là hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh của hệ thống thiết bị về cơ bản là giống như trên Hình 6, nhưng thay ĐCG dạng tuabin không khí 11 đặt thẳng đứng bằng một dạng tuabin không khí 20 để không khí chạy theo vòng tròn tương tự như nguyên lý tuabin thủy lực dùng trong thủy điện.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tiếp theo sẽ là phần mô tả chi tiết phương pháp thu năng lượng gió trên cao dựa vào các hình vẽ từ Hình 1 đến Hình 9 kèm theo.

Như trên đã nói, mặc dù cánh quạt của ĐCG trên cao được thiết kế ngày càng dài để tăng công suất đón gió và vì vậy, độ cao của ĐCG lại càng phải cao hơn khiến kết cấu ngày càng cồng kềnh, càng nặng hơn, trong khi hiệu suất đón gió của cánh quạt η_{CQ} chỉ dưới 5%. Vì vậy, để khắc phục các nhược điểm của giải pháp đã biết, sáng chế đề xuất phương pháp thu năng lượng gió trên cao với hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp, tức là gió được thu gom và dẫn xuống dưới theo ống dẫn gió rồi năng lượng của gió đã thu gom được biến đổi thành công cơ học nhờ ĐCG để quay một hoặc nhiều máy phát điện. Theo một phương án, hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp được sử dụng trong phương pháp thu năng lượng gió trên cao được thể hiện theo sơ đồ trên Hình 6a, và được thể hiện chi tiết trên Hình 4, Hình 6b và 6c, hệ thống thiết bị này bao gồm:

chụp thu gom gió trên cao 1 có miệng loe rộng và đầu ra thu hẹp lại 3 để tăng tốc độ gió được thu gom và dẫn xuống dưới;

cánh đuôi nheo 2 gắn với chụp thu gom gió trên cao 1 để chỉnh hướng của chụp thu gom gió này theo hướng gió;

chụp chắn gió 4;

ống dẫn gió 10 để dẫn gió được thu gom từ trên cao xuống;

tuabin không khí 11 đặt thẳng đứng có hiệu suất cao;

buồng thoát không khí 12; và

nhà điều hành 13 xây trên mặt đất để đặt tất cả các bộ phận của ĐCG và các kết cấu phụ trợ khác.

Ở đây, chụp thu gió có tiết diện S_{ch} chỉ tương đương với phần tổng tiết diện đón gió động ns_α gây nên mômen quay cho cánh quạt bằng đúng $\eta_{CQ}S$ thôi, tức là chỉ tương đương với công suất chỉ bằng 1/3 đến 1/2,5 theo công bố của các nhà sản xuất, mà sản lượng điện bán ra vẫn không thay đổi do thời gian

phát điện thương phẩm được đánh giá đúng với thời gian có gió thực tế trong năm lớn hơn 2,5 đến 3 lần, đảm bảo dự án vẫn có lãi trên thực tế!

Để giảm kích thước của các bộ phận để lắp ráp với chụp thu gom gió 1, có thể tính toán kết cấu chụp thu gom gió 1 sao cho tốc độ gió ở đầu ra của nó lớn hơn N lần tốc độ gió đầu vào. Năng lượng gió qua ống dẫn gió 10 có tiết diện $S_{OD} = S_{ch}/N$ này bây giờ được dẫn xuống phía dưới mặt đất để chạy tuabin không khí 11 đặt dưới đó. Còn vì gió đã được tập trung thành một luồng trong ống dẫn không khí nên ĐCG sẽ được lựa chọn loại nào có hiệu suất cao nhất (trên 80%) chứ không nhất thiết phải là ĐCG trục ngang (với hiệu suất chỉ có < 5%) để chịu được gió bão. Buồng thoát khí 12 được tính toán sao cho trở lực khí động học nhỏ nhất, giảm tối đa tổn hao và phù hợp với mặt bằng lắp đặt.

Ở phương án này, do tuabin không khí 11 đặt thẳng đứng nên kết cấu tương đối gọn, chiếm ít không gian, nhưng đổi lại, khó khăn hơn cho việc chế tạo cũng như bảo dưỡng.

Theo một khía cạnh khác, để khắc phục những nhược điểm kể trên, có thể bố trí tuabin không khí 11 đặt nằm ngang như trên Hình 7b và Hình 7c. Lúc này, cần phải có một cút chuyển hướng gió 14 và không cần bố trí buồng thoát khí 12 nữa mà gió đã tự thoát được theo một hướng xác định, nhờ đó có thể bố trí thêm một động cơ gió trục đứng 15 với hiệu suất cao ~80% đặt ngay sau tuabin không khí 11 đã có gió được định hướng để tận thu năng lượng gió có tốc độ nhỏ sau khi đã qua tuabin không khí cho chạy máy phát điện II theo sơ đồ trên Hình 7a.

Lúc này, sự xuất hiện cút chuyển hướng gió 14 gây nên tổn thất năng lượng gió đi vào tuabin không khí 11.

Theo một khía cạnh khác, để khắc phục tình trạng này, có thể bố trí thêm một ĐCG theo nguyên lý trục đứng 17 nhưng đặt nằm ngang trên trục 18, ngay phía trên cút chuyển hướng gió 14 như được thể hiện trên Hình 8a

và Hình 8b. Khi đó, sẽ cần kết nối tới ba máy phát điện khiến kết cấu trở nên phức tạp.

Theo một khía cạnh khác, để khắc phục nhược điểm này, có thể chỉ cần sử dụng một tuabin không khí 20 có trục 21, để không khí chạy theo vòng tròn tương tự như nguyên lý tuabin thủy lực dùng trong thủy điện như được thể hiện trên Hình 9a và Hình 9b. Ở đây, do không khí đi theo đường vòng cung tròn, kéo dài hơn thời gian trao đổi năng lượng với cánh tuabin.

Hiệu quả của sáng chế

Phương pháp thu năng lượng gió trên cao xuất phát từ việc xác định chính xác hơn hiệu suất ĐCG vốn rất nhỏ dẫn đến việc cho phép thực hiện được hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp, chứ không trực tiếp lắp đặt thiết bị trên cao. Điều này giúp làm giảm giá thành ĐCG trên cao xuống nhiều lần bao gồm cả các chi phí vận chuyển, lắp đặt và bảo dưỡng.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả chi tiết cho một số phương án thực hiện, nhưng chuyên gia trong lĩnh vực kỹ thuật này cần hiểu rằng các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định trong Yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp thu năng lượng gió trên cao với hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp, phương pháp này bao gồm các bước:

thu gom gió trên cao;

dẫn gió trên cao được thu gom xuống dưới;

biến đổi năng lượng của gió được thu gom thành công cơ học để quay một hoặc nhiều máy phát điện,

trong đó hệ thống thiết bị đón gió theo cách gián tiếp bao gồm:

chụp thu gom gió trên cao (1) có miệng loe rộng và đầu ra thu hẹp lại (3) để tăng tốc độ gió được thu gom và dẫn xuống dưới;

cánh đuôi nheo (2) gắn với chụp thu gom gió trên cao (1) để chỉnh hướng của chụp thu gom gió này theo hướng gió;

chụp chắn gió (4);

ống dẫn gió (10) để dẫn gió được thu gom từ trên cao xuống;

tuabin không khí có hiệu suất cao;

tùy ý với sự có mặt hoặc vắng mặt của buồng thoát không khí (12); và

nhà điều hành (13) xây trên mặt đất để đặt tất cả các bộ phận của động cơ gió (ĐCG) và các kết cấu phụ trợ khác.

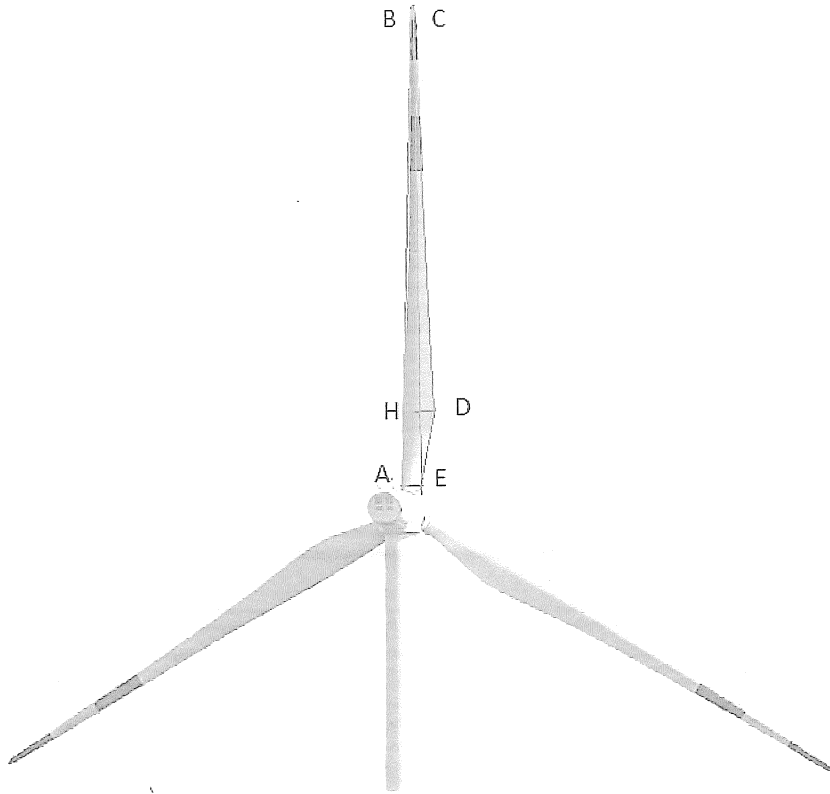
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tuabin không khí có hiệu suất cao là tuabin không khí (11) đặt thẳng đứng, và buồng thoát khí (12) có mặt.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tuabin không khí có hiệu suất cao là tuabin không khí (11) đặt nằm ngang, hệ thống thiết bị còn bao gồm cắt chuyển hướng gió (14) và buồng thoát khí (12) được loại bỏ để gió tự thoát được theo hướng xác định, hệ thống thiết bị cũng còn bao gồm động cơ gió trực đứng

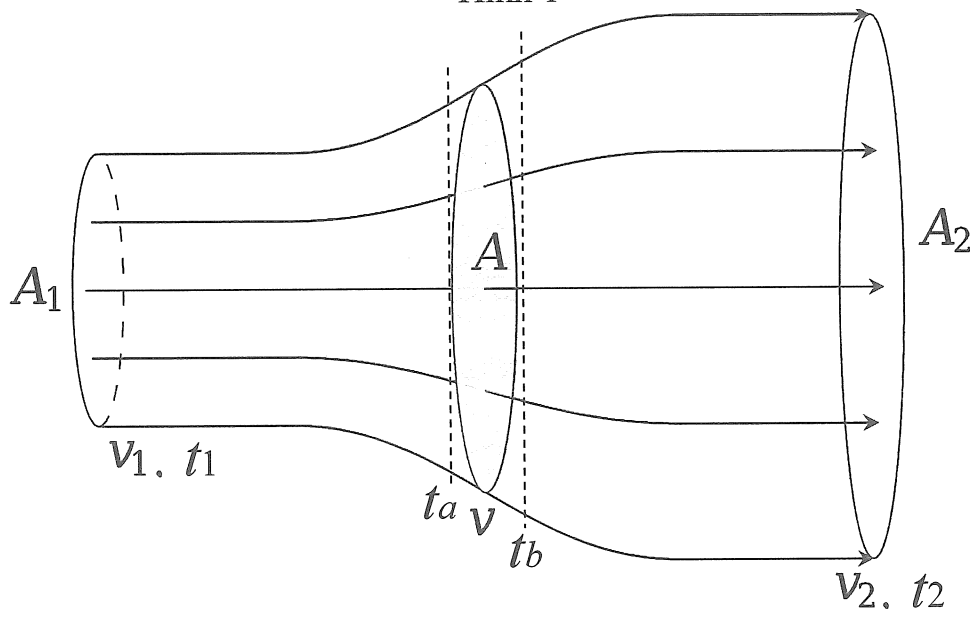
(15) với hiệu suất cao $\sim 80\%$ đặt ngay sau tuabin không khí (11) để tận thu năng lượng gió có tốc độ nhỏ.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó hệ thống thiết bị còn bao gồm thêm một ĐCG theo nguyên lý trục đứng (17) nhưng đặt nằm ngang trên trục (18), ngay phía trên cút chuyển hướng gió (14).

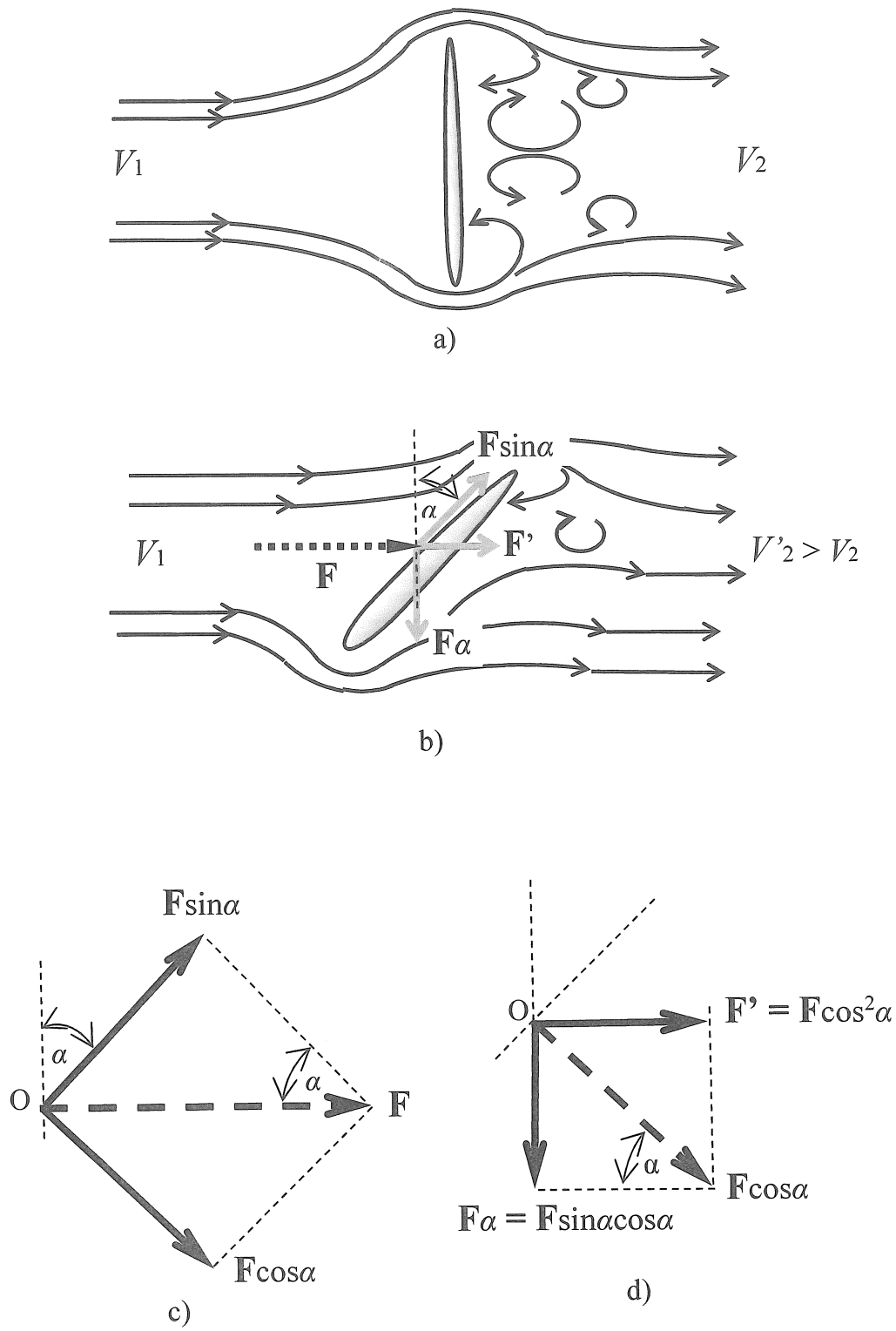
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó buồng thoát khí (12) vắng mặt, và tuabin không khí có hiệu suất cao là tuabin không khí cánh phẳng (20) có trục (21) hoạt động tương tự theo nguyên lý tuabin thủy lực dùng trong thủy điện, kéo dài hơn thời gian trao đổi năng lượng với cánh tuabin.



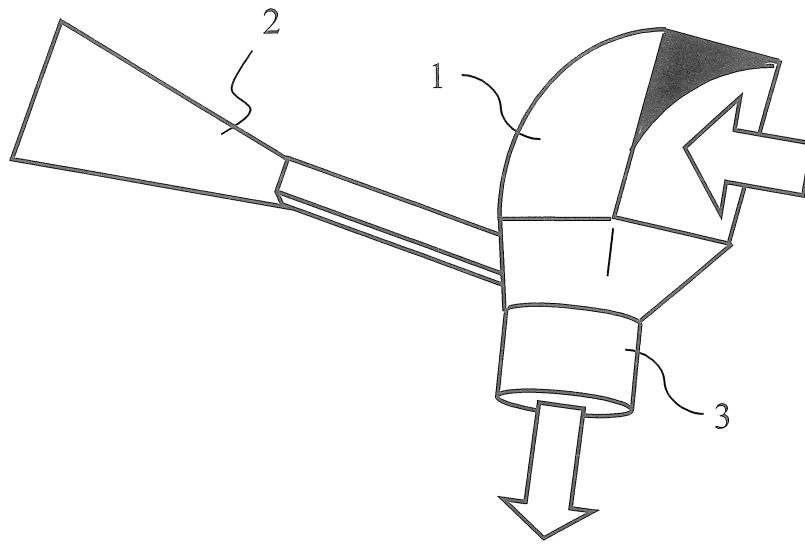
Hình 1



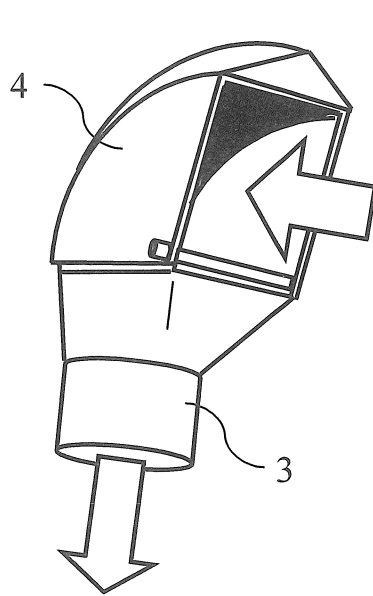
Hình 2



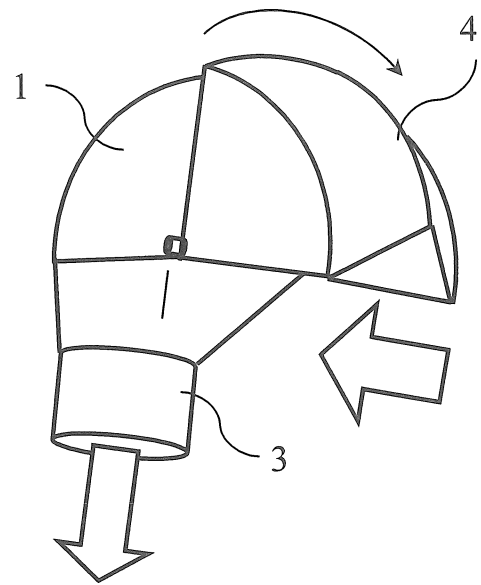
Hình 3



a)

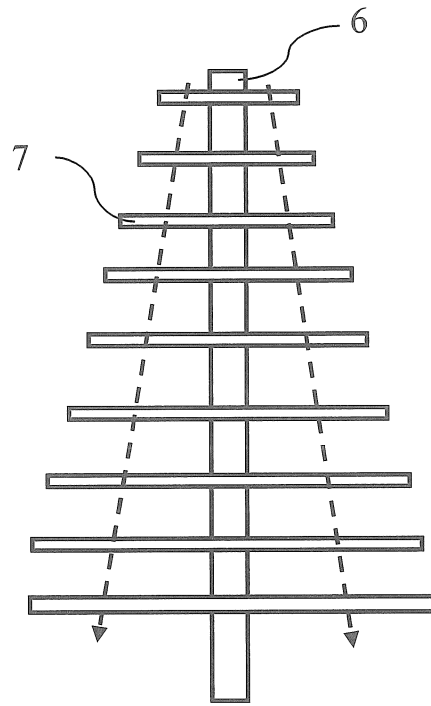


b)

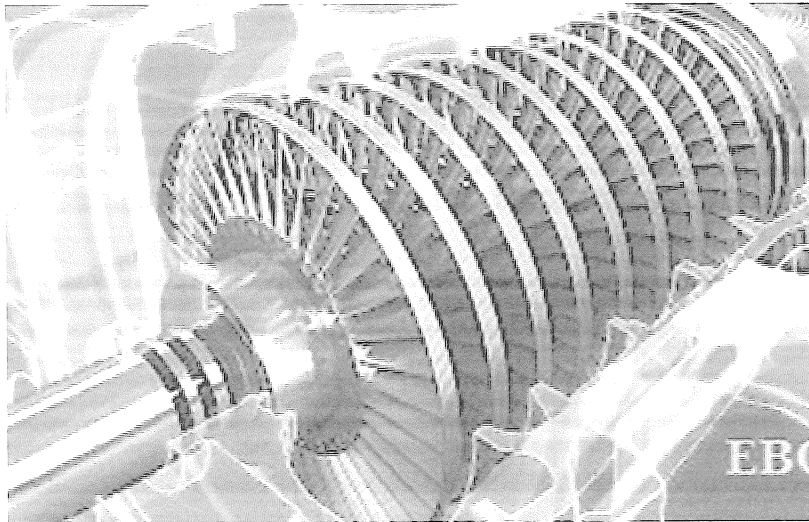


c)

Hình 4

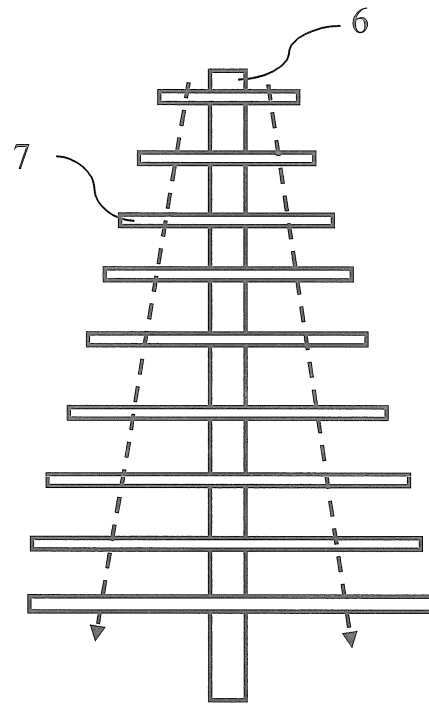


a)

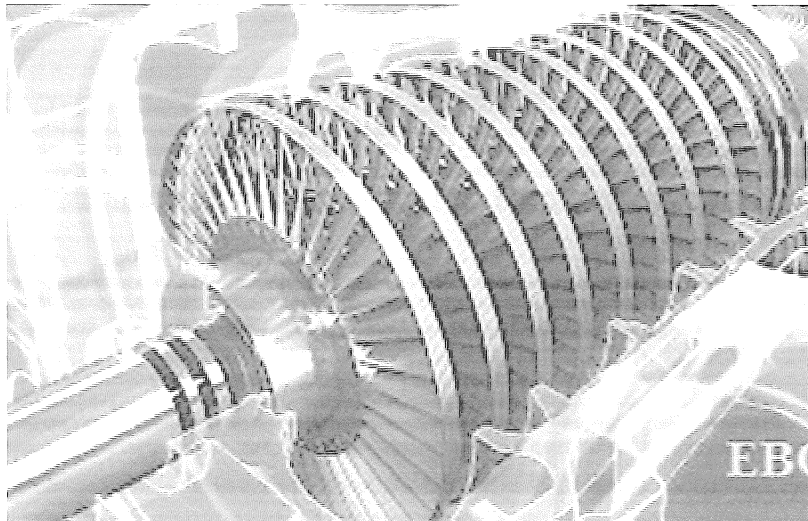


b)

Hình 5

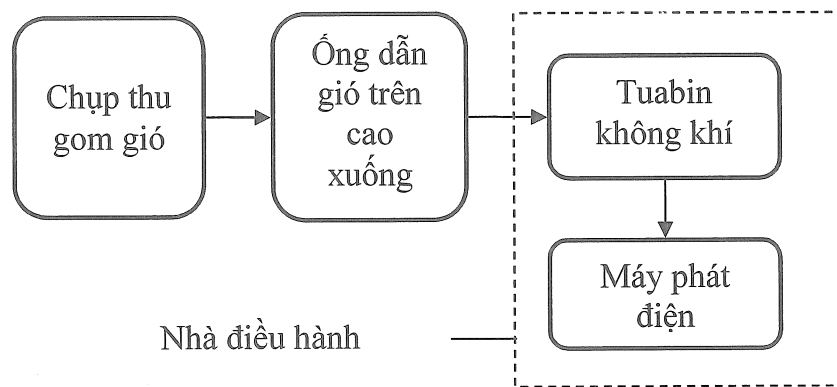


a)

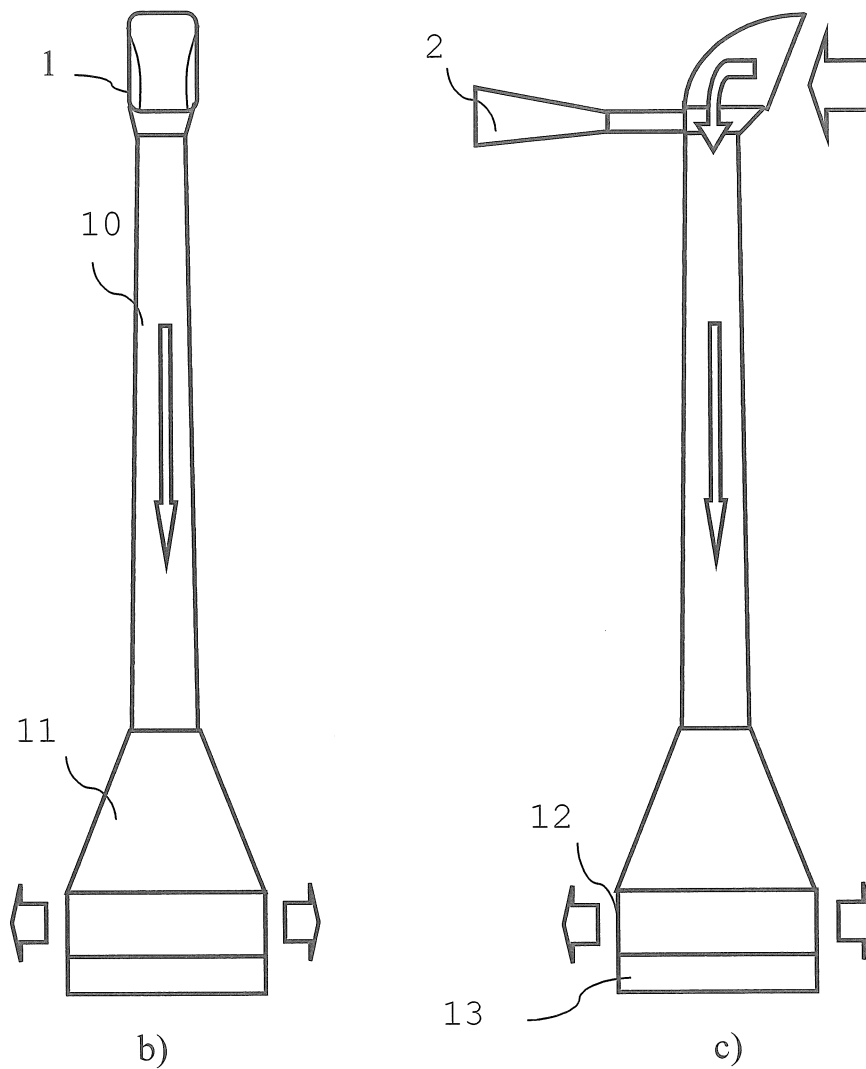


b)

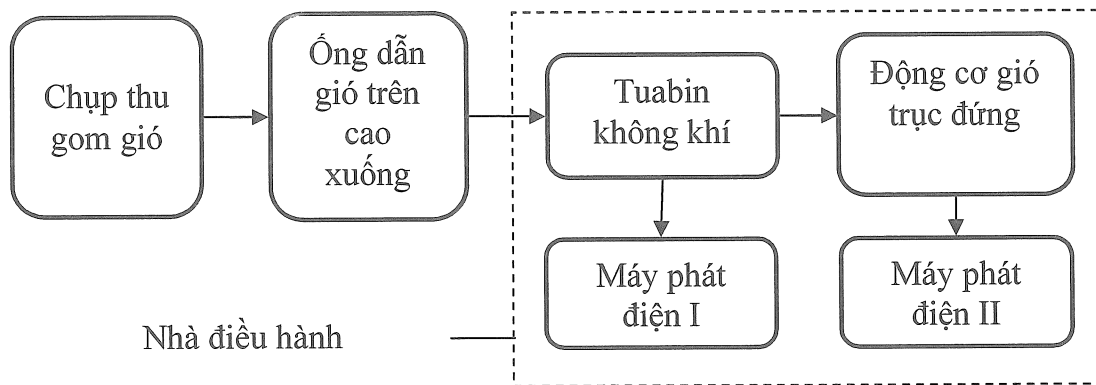
Hình 5



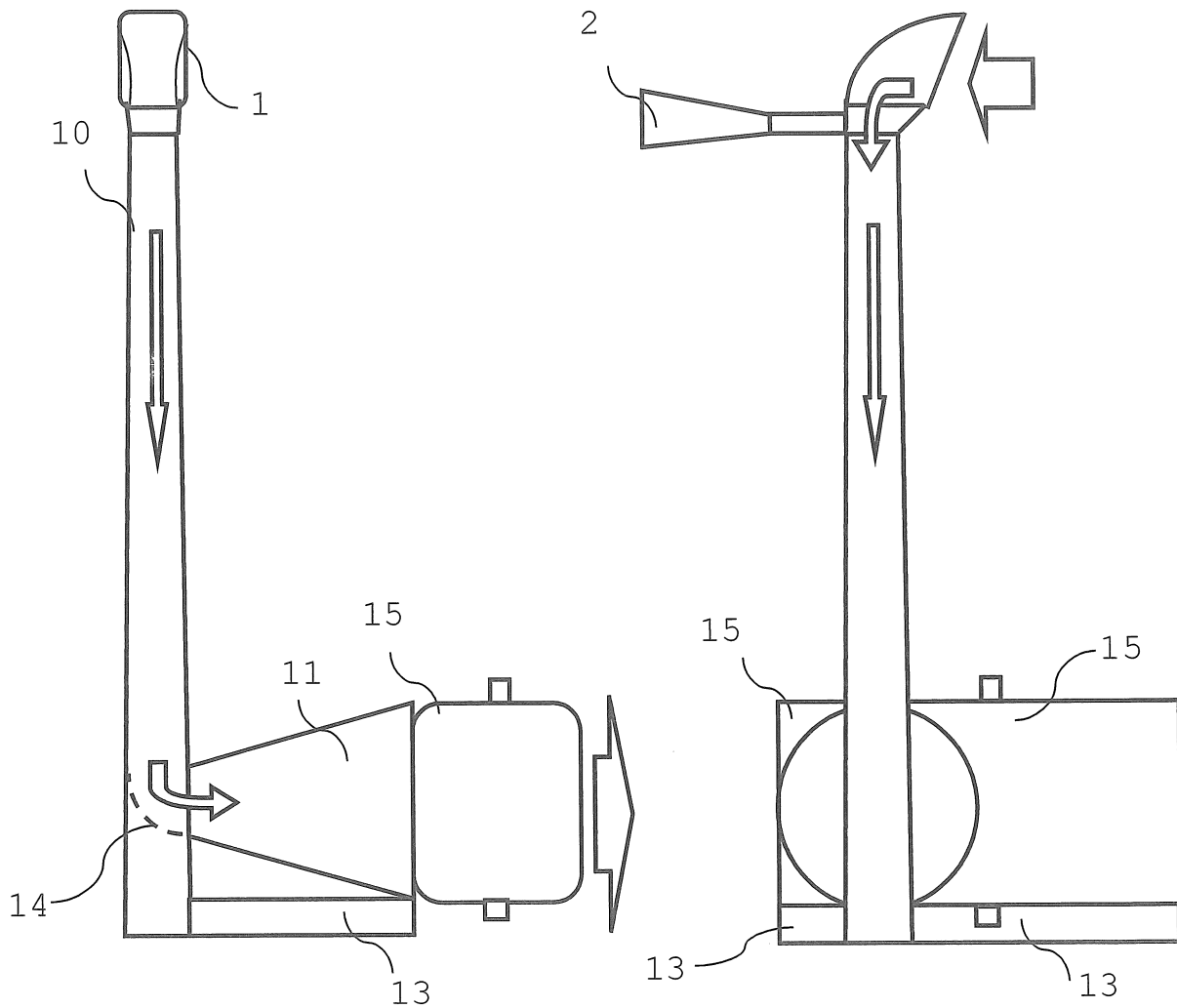
a)



Hình 6



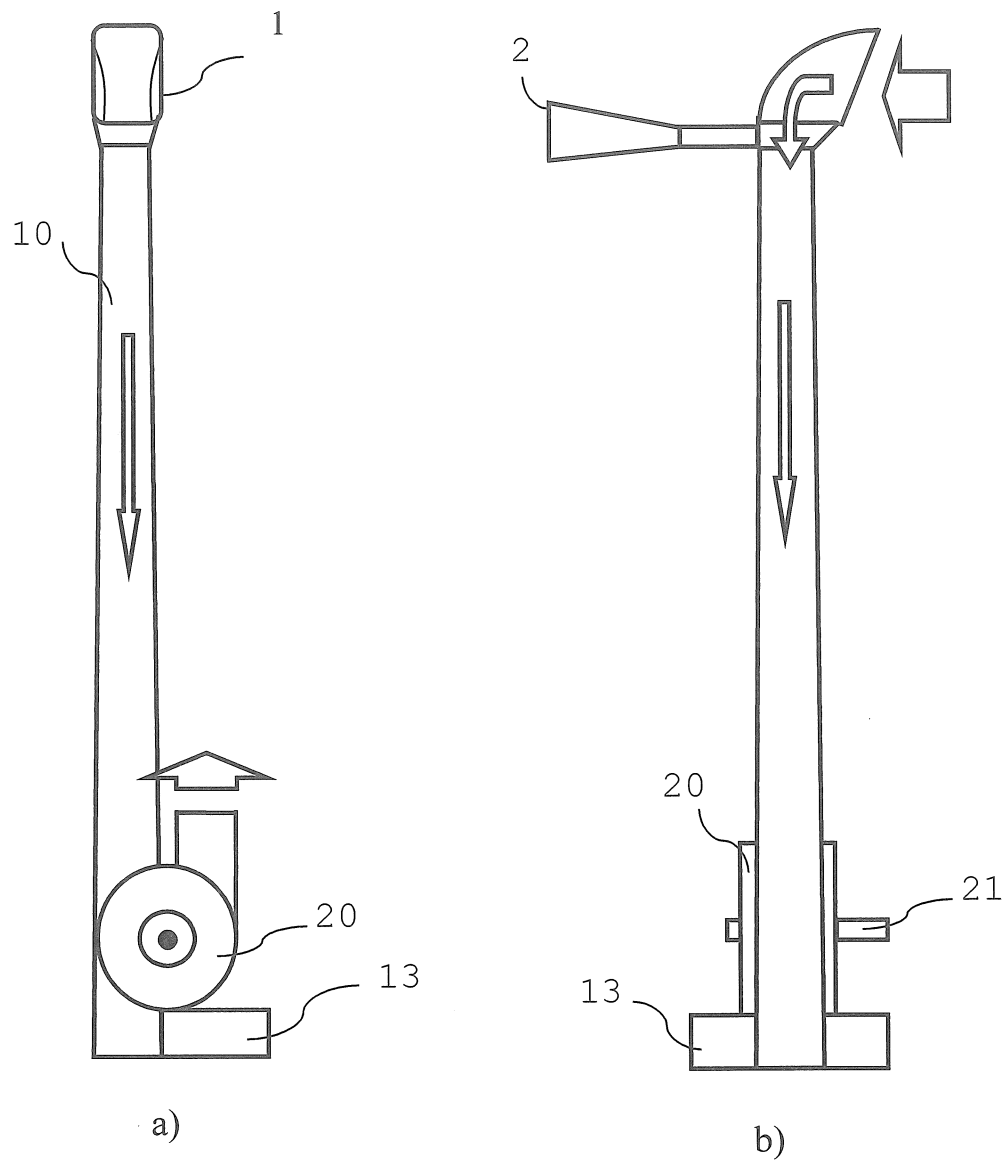
a)



b)

c)

Hình 7



Hình 9