



(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)



1-0052859

(51)^{2024.01} F03D 7/00

(13) B

(21) 1-2021-06821

(22) 27/10/2021

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/05/2023 422A

(76) LẠI BÁ ẮT (VN)

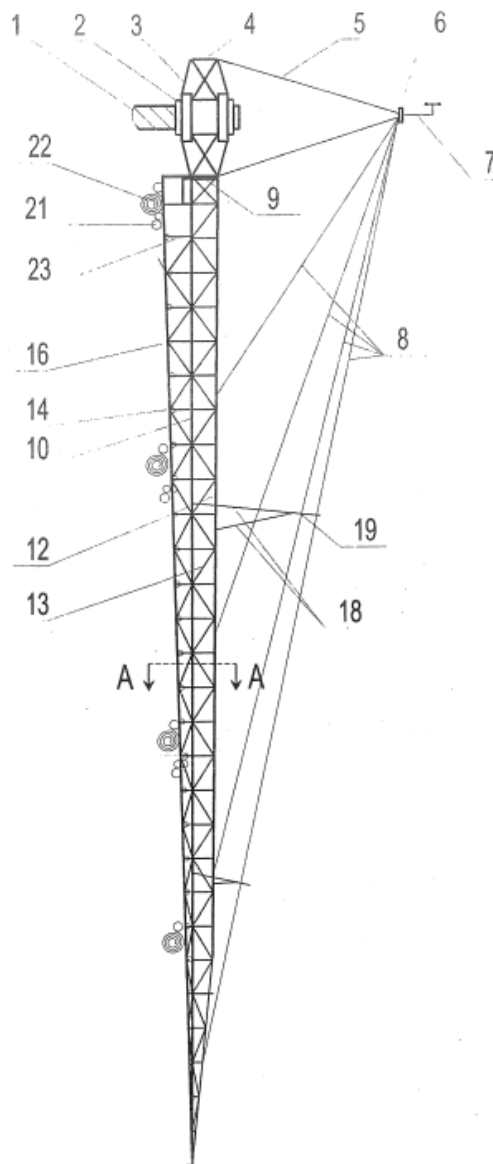
Số 32/24 Phố Phan Văn Trường, Quận Cầu Giấy, Hà Nội.

(54) KẾT CẤU BỘ CÁNH DÂY VĂNG CHO TUABIN GIÓ CÓ TỐC ĐỘ BIẾN ĐỔI

(21) 1-2021-06821

(57) Sáng chế đề cập đến kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi, nhằm mục đích chế tạo được các tuabin gió có giá thành rẻ, công suất rất lớn, cánh dài đến 200m, không xoay, cách điện với trục tuabin, kết cấu này có tháp kéo dài dọc trục tuabin để lắp dây văng xuống khung cánh chịu lực dọc trục, thân cánh là bộ khung hình lăng trụ tam giác, hai ống khung phía sau song song với nhau để làm đường cơ sở lắp mặt cánh, mặt cánh cuộn lại mở ra được, cánh được chế tạo để tháo rời xếp vào container lắp ráp tại chân cột tuabin, góc nghiêng mặt cánh tại mỗi vị trí được xác định bởi giá trị của α_i tương ứng với r_i mà A_i đạt giá trị cực đại theo phương trình:

$$A_i = [kv_C - r_i \omega_{\max} \cot \alpha_i]^2 \cos \alpha_i \sin^2 \alpha_i$$



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi, cụ thể là cách bố trí các thanh chịu lực của bộ khung cánh có mặt cánh là tấm mỏng cuộn lại được và hệ thống dây văng chịu lực dọc trục tuabin cho cánh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế.

Tuabin gió hiện nay đang sử dụng cánh có kết cấu liền khối nên không sử dụng khung cánh, cánh luôn luôn chế tạo để xoay được nên rất khó khăn trong việc tăng chiều dài cánh, do đó không thu được nhiều năng lượng gió, góc nghiêng của cánh không có cách xác định để thu được năng lượng gió tốt nhất.

Các tài liệu sáng chế GB 191016385 công bố ngày 6/4/1911, GB 191028025 công bố ngày 3/8/1911 và US 2012242084 công bố ngày 27/9/2012 đã đề cập tới việc chế tạo cánh tuabin gió có dạng khung giàn, mặt cánh là tấm mỏng có thể cuộn lại được. Mặt cánh mỏng có phía sau cánh thoáng làm cho việc thu năng lượng gió hiệu quả nhưng chưa chỉ ra được sự phân bố độ nghiêng như thế nào dọc theo chiều dài cánh, mặt cánh là tấm mỏng nên dễ bị võng gây ra lực đẩy dọc trục tăng rất cao, gây khó khăn cho việc giữ vững tuabin. Trong tài liệu sáng chế US 2012242084 có đề cập tới việc mặt cánh có thể vận vò đổ từ 2^0 đến 10^0 , nhưng cũng chưa chỉ ra được quy luật thay đổi góc nghiêng của cánh. Tuabin gió công suất lớn hiện nay chỉ có 3 cánh là không sử dụng tối ưu diện tích quét của cánh, việc bố trí bộ xoay cánh như hiện nay là khó có thể tăng số cánh. Việc sử dụng các sáng chế này để chế tạo cánh cho tuabin gió là không đạt các chỉ tiêu về kinh tế và công nghệ.

Công nghệ chế tạo tuabin gió hiện nay vẫn bị dẫn dắt bởi công thức tính công suất sai là:

$$P = \frac{1}{2} \rho S v_1^3 C_p$$

Trong đó: ρ là tỷ trọng không khí, S là diện tích quét của cánh, v là tốc độ gió, C_p là hệ số Betz.

Trong công thức này ta thấy một sự vô lý rất rõ ràng là không có hai đại lượng đặc trưng cho tuabin gió là diện tích cánh và góc nghiêng của cánh.

Đây là công thức tính công suất cho tuabin gió của định luật Betz. Mà định luật Betz đã được tác giả sáng chế này chứng minh là sai khi coi gió là chất điểm để áp dụng định luật 2 của Newton, từ năm 2014 nó đã được gửi cho Viện Hàn Lâm Khoa Học & Công Nghệ Vietnam, đồng thời gửi tới Đại sứ quán các nước tại Hà Nội, VIETNAM.

Khoảng 4 năm gần đây công thức này không còn được các công ty tuabin gió sử dụng nữa, mà sử dụng cách tính công suất của tuabin gió theo mật độ công suất, nhưng cách tính công suất cho tuabin gió theo mật độ công suất lại hoàn toàn giống như cách tính công suất cho tuabin gió của định luật Betz.

Như ta thấy trong một phân tích cụ thể sau:

Một tuabin gió hiện nay, nhà chế tạo công bố công suất 4 MW tại tốc độ gió $v_1 = 12\text{m/s}$, có diện tích quét của cánh là $S = 13275\text{m}^2$, đường kính khu vực quét là 130m. Các nhà sản xuất dựa vào hàm phân bố Weibull để lấy:

Mật độ công suất 1 là 301 W/m^2 . Mật độ công suất 2 là $3,3\text{m}^2/\text{KW}$.

Ta có:- Công suất của tuabin là: $P = 4\text{MW} \approx 13275\text{m}^2 \times 301\text{W/m}^2 \approx 13275\text{m}^2 : 3,3\text{m}^2/\text{KW}$

- và mật độ dòng gió tại vận tốc gió 12m/s là: $\frac{1}{2}\rho v_1^3 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 12^3 = 1058,4\text{W/m}^2$

Mà $30\text{W/m}^2 \approx 3,3\text{m}^2/\text{KW} \approx 34\% \times 1058,4\text{W/m}^2 = \frac{1}{2}\rho v_1^3 0,34\text{ (W)}$

Suy ra ta có công suất của tuabin là:

$$P = 4\text{MW} \approx 13275 \times \frac{1}{2}\rho v_1^3 \times 0,34 = \frac{1}{2}\rho S v_1^3 0,34\text{ (W)}$$

Nếu mật độ công suất 1 là 400W/m^2 thì:

$$P = 4\text{MW} \approx 13275 \times \frac{1}{2}\rho v_1^3 \times 0,4 = \frac{1}{2}\rho S v_1^3 0,4\text{ (W)}$$

Như vậy cách tính này hoàn toàn giống như cách tính của định luật Betz với $C_p = 0,34$ đến $0,4$. Do đó chắc chắn là sai.

Điều này lý giải vì sao cách tính công suất thay đổi, nhưng tuabin gió chế tạo theo định luật Betz và theo mật độ công suất giống nhau cả về hình thức và độ lớn công suất công bố.

Thực tế cánh tuabin gió là một vật cản trở chuyển động của dòng gió, nó chịu tác dụng của lực cản chính diện. Lực cản chính diện đã có công thức tính toán trong cơ học chất lưu, nó là lực làm cho tuabin gió quay. Việc tính toán lực này phải xác định được vận tốc gió tác dụng vào cánh khi tuabin đang quay. Chủ đơn sáng chế này là người đã tìm ra tổng hợp vận tốc gió tác dụng lên cánh tuabin tại vị trí cách tâm quay một đoạn d_i là:

$$v_{T1} = kv_i - d_i\omega_i \cot\alpha_i$$

Trong đó $k < 1$ là hệ số suy giảm vận tốc gió phụ thuộc vào diện tích cánh/diện tích quét, v_1 là vận tốc gió, d_i là khoảng cách đến tâm quay, ω_i là tốc độ quay của tuabin, α_i là góc nghiêng của cánh với hướng gió.

Khi tính lực cản chính diện của gió lên cánh tuabin gió, ta cần phải chia cánh tuabin gió thành nhiều phần tử cánh rất ngắn để tính lực cản chính diện lên từng phần tử cánh, vì khoảng cách từ mỗi phần tử cánh tới tâm quay khác nhau sẽ tạo ra mô men lực khác nhau,

chia càng ngắn thì độ chính xác càng cao. Lực cản chính diện của một phần tử cánh được phân tích ra hai thành phần: Thành phần song song với trục tuabin không có tác dụng làm tuabin quay chỉ có tác dụng đẩy đổ tuabin, thành phần tiếp tuyến với quỹ đạo quay là thành phần có tác dụng sinh công làm tuabin quay.

Chủ đơn sáng chế này cũng chính là tác giả lập ra công thức tính thành phần lực song với trục có tác dụng đẩy đổ tuabin và công thức tính công suất cho tuabin gió từ thành phần lực tiếp tuyến với quỹ đạo quay.

Công thức tính thành phần lực song song là:

$$F_{2a} = F_{a1} \sin \alpha_i = \frac{C_x}{2} \rho S_{Ci} (kv_i - d_i \omega_i \cot \alpha_i)^2 \sin^3 \alpha_i$$

Trong đó: $F_{1\omega}$ là thành phần song song với trục tuabin của lực cản chính diện lên phần tử cánh thứ i ; F_{a1} là lực cản chính diện lên phần tử cánh thứ i ; α_i là góc nghiêng của phần tử cánh thứ i ; C_x là hệ số cản tiền đầu; ρ là tỷ trọng không khí; S_{Ci} là diện tích của phần tử cánh thứ i ; k , là hệ số suy giảm vận tốc gió trước khi va chạm vào phần tử cánh thứ i ; v_i là vận tốc trường gió tại thời điểm thứ i ; d_i là khoảng cách từ phần tử cánh thứ i đến tâm quay ω_i là vận tốc góc của tuabin tại thời điểm thứ i .

Tổng hợp lực này của các phần tử cánh ta tính được độ lớn của lực đẩy đổ tuabin.

Công thức tính công suất cho tuabin gió:

Thành phần tiếp tuyến với quỹ đạo quay của lực cản chính diện có tác dụng sinh công làm tuabin quay. Công suất của tuabin gió là do tác dụng của thành phần này. Công suất của tuabin được xây dựng theo đúng nguyên tắc lực và quãng đường di chuyển của lực:

$$P = \frac{C_x}{2} \rho \alpha \omega_1 \sum_{i=1}^n S_{Ci} d_i (kv_i - d_i \omega_i \cot \alpha_i)^2 \cos \alpha_i \sin^2 \alpha_i$$

Với điều kiện: $0 < \alpha_i < 90^\circ$ & $kv_i - d_i \omega_i \cot \alpha_i > 0$.

Trong đó: P là công suất của tuabin; C_x là hệ số cản tiền đầu; ρ là tỷ trọng không khí; α là số cánh tuabin; ω_i là vận tốc góc của tuabin tại thời điểm thứ i ; S_{Ci} là diện tích của phần tử cánh thứ i ; d_i là khoảng cách từ phần tử cánh thứ i đến tâm quay; k là hệ số suy giảm vận tốc gió trước phần tử cánh thứ i ; v_i là vận tốc trường gió tại thời điểm thứ i ; α_i là góc nghiêng của phần tử cánh thứ i .

Hàm công suất của tuabin gió cánh quạt nêu trên cho phép tính khá chính xác công suất của tuabin gió theo các yếu tố vật lý. Từ đó có các phương án thiết kế cánh tuabin gió có các tính năng kỹ thuật tối ưu phục vụ cho việc phát triển sản xuất điện gió.

Sự thay đổi hoàn toàn nền tảng kiến thức vật lý cho tuabin gió như vậy mang tính chất của nghiên cứu biến đổi giống như trong thiên văn học, Lý thuyết Hệ Nhật Tâm của Copernic thay thế Lý thuyết Hệ Địa Tâm của Ptolemy.

Đơn sáng chế quốc tế số PCT/VN2016/000002; ngày nộp đơn: 5/4/2016; công bố quốc tế số WO 2017/063003 cho cánh tuabin gió có tốc độ cố định đã sử dụng lý thuyết này, nhưng chưa đề cập đến bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ biến đổi.

Những vấn đề này cho ta thấy cần có cách chế tạo tuabin gió tốc độ biến đổi có công suất lớn và giá thành điện gió rẻ nhất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế.

Mục đích của sáng chế là làm cho tuabin gió có được công suất lớn nhất, dễ chế tạo nhất, giá thành chế tạo rẻ nhất để giá thành điện gió rẻ nhất. Để làm được điều đó, kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi được chế tạo là bộ khung giàn liên hợp tối đa dây văng, mang mặt cánh là tấm mỏng cuộn lại được, mặt cánh chế tạo có góc nghiêng ưu để thu được năng lượng gió nhiều nhất.

Kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi, là kết cấu khung giàn liên hợp dây văng để mang mặt cánh tuabin gió bao gồm: trụ trung tâm ở chính giữa bộ cánh có một ống thép lõi ở giữa để lắp ghép bộ cánh vào trục của tuabin, hai đầu ống thép này liên kết với các mặt lắp cánh hình chữ nhật bởi các thanh thép, tạo thành giàn lắp cánh hình lăng trụ đa giác đều, số mặt lắp cánh hình chữ nhật bằng với số cánh của tuabin, các ống thép lắp vào cạnh trước giàn lắp cánh vươn về phía trước hội tụ tại một mặt bích đầu trụ trung tâm, đầu trụ trung tâm lắp máy đo tốc độ gió, mặt bích đầu trụ trung tâm lắp các dây văng kéo xuống khung cánh để chịu lực dọc trục tuabin cho các cánh, thân cánh là cơ cấu khung giàn hình lăng trụ tam giác, gốc cánh có mặt bích để lắp vào mặt lắp cánh của giàn lắp cánh trụ trung tâm, khung cánh được chế tạo có các trụ đỡ dây văng để chống võng cho dây văng, khung cánh được lắp các thanh ngang cánh, các thanh ngang cánh để lắp các thanh trượt, các thanh trượt để lắp mặt cánh tuabin, mặt cánh là tấm kim loại mỏng tạo sóng để không bị võng theo chiều ngang và cuộn lại được theo chiều dọc cánh nhờ thanh trượt, mặt cánh được chia thành nhiều ô, mỗi ô có bộ trục kép để điều khiển việc cuộn lại hay trải mặt cánh ra, mỗi ô có một bộ cuộn mặt cánh lại, có các cảm biến điều khiển việc mở hoặc cuộn cánh theo tốc độ gió, dưới mặt cánh bố trí các thanh ngang để căng các dây dọc chống võng cho mặt cánh, các cánh còn được liên kết bởi các sợi dây liên kết để tăng độ cứng vững.

Lực tác dụng lớn nhất của gió lên một phần tử cánh tuabin theo phương dọc trục được tính tại vận tốc gió cho công suất lớn nhất theo công thức:

$$F = \frac{C_x}{2} \rho S_{ci} (kv_i - d_i \omega_i \cot \alpha_i)^2 \sin^3 \alpha_i$$

Trong đó: F là lực tác dụng theo phương dọc trục; C_x là hệ số cản tiền đầu; ρ là tỷ trọng không khí; S_{Ci} là diện tích của phần tử cánh thứ i ; k_i là hệ số suy giảm vận tốc gió trước khi va chạm vào phần tử cánh thứ i ; v_i là vận tốc trường gió tại thời điểm thứ i ; d_i là khoảng cách từ phần tử cánh thứ i đến tâm quay; ω_i là vận tốc góc của tuabin tại thời điểm thứ i ; α_i là góc nghiêng của phần tử cánh thứ i .

Tính tổng các lực F này ta tìm được lực tác dụng của gió lên cánh tuabin theo chiều dọc trục, để tính toán khả năng chịu lực của dây văng hoặc khung cánh và cột tuabin.

Lực tác dụng lớn nhất của gió lên một phần tử cánh tuabin theo phương dọc trục, tại vận tốc gió lớn nhất cho tuabin dừng hoạt động, dùng để tính khả năng chịu lực của dây văng.

Độ nghiêng mặt cánh được chế tạo có độ nghiêng theo các bước:

- Thứ nhất là chọn tốc độ gió v_C để tuabin có công suất lớn nhất,
- Thứ hai là chọn độ dài cánh và vận tốc dài đầu cánh để tính tốc độ quay lớn nhất $\omega_{\max}$ của tuabin,

- Thứ ba là xác định các góc nghiêng α_i của mặt cánh tại các vị trí cách tâm quay một đoạn d_i bằng cách sử dụng các thông số: độ dài d_i , tốc độ gió cho công suất lớn nhất v_C , tốc độ quay lớn nhất $\omega_{\max}$, chọn $k = 1$, lấy các góc α_i có độ lớn nhỏ hơn 89° đưa vào phương trình được gọn từ “Hàm công suất của tuabin gió cánh quạt”:

$$A_i = [k_i v_C - d_i \omega_{\max} \cot \alpha_i]^2 \cos \alpha_i \sin^2 \alpha_i$$

Lập bảng giá trị của A_i . Ta sẽ tìm được các giá trị của α_i tương ứng với d_i mà A_i đạt giá trị cực đại, các α_i này được chọn là góc nghiêng để chế tạo độ nghiêng của mặt cánh tại vị trí cách tâm trục quay một đoạn d_i .

Mặt nghiêng tạo bởi các đoạn thẳng nằm ngang cánh, cách tâm quay một đoạn d_i , nghiêng với hướng gió một góc α_i , là độ nghiêng vận vô đồ của mặt cánh tuabin gió. Độ nghiêng của cánh được giữ nguyên khi tuabin hoạt động.

Khi vận tốc gió lớn hơn vận tốc gió v_C cho công suất cao nhất, mặt cánh được thu bớt lại để công suất không tăng hơn công suất cao nhất. Khi tuabin dừng hoạt động do gió quá lớn, toàn bộ mặt cánh được cuộn lại.

Nhờ lắp được nhiều cánh, cánh không xoay để thay đổi độ nghiêng mặt cánh, nên chế tạo được cánh có kết cấu khung giàn, lắp đặt được hệ thống dây văng đặt phía trước để chịu lực dọc trục tuabin cho cánh, cho phép chế tạo cánh rất dài và rộng, độ nghiêng của cánh được chế tạo phù hợp với việc thu năng lượng gió, làm cho tuabin có công suất cao nhất. Từ đó chế tạo được tuabin gió có công suất rất lớn và giá thành điện sản xuất từ gió có giá thành rất thấp.

Mô tả vắn tắt hình vẽ.

Hình 1. Là hình vẽ tổng thể thể hiện một cánh của kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi: 1- là trục tuabin; 2- là ống thép; 3 - là các thanh thép liên kết; 4 - là mặt lắp cánh; 5 - là các ống thép tạo tháp dây văng; 6 - là mặt bích đỉnh tháp dây văng để lắp các dây văng, 7 - là máy đo tốc độ gió; 8 - là các dây văng; 9 - là mặt bích gốc cánh; 10, 11, 12 - là các ống thép tạo thành bộ khung cơ sở cho khung cánh; 13 - là các ống thép liên kết các ống thép 10, 11, 12 tạo thành bộ khung cánh; 14 - là các ống ngang mặt cánh để lắp các thanh trượt; 15 - là các thanh trượt của mặt cánh; 16 - là mặt cánh; 17 - là các tấm ốp tròn cho thanh trượt; 18 - là trụ đỡ dây; 19 - là khung đỡ dây; 20 - là dây liên kết các cánh; 21 - là trục kép cuộn và mở cánh; 22 - là trục cuộn mặt cánh; 23 - là các thanh chống giữ thanh ngang 14 nối với ống thép khung sau.

Hình 2. Là hình vẽ thể hiện cách bố trí cánh cho một tuabin gió 8 cánh, cánh dài 100m, cột tuabin cao 110m: 18 - là các trụ đỡ dây văng; 20 - là dây liên kết các cánh.

Hình 3. Là hình vẽ thể hiện mặt cắt ngang cánh: 10, 11, 12 - là các ống thép khung; 13 - là các ống thép liên kết các ống thép 10, 11, 12 tạo thành khung cánh; 14 - là ống thép ngang cánh để lắp các thanh trượt; 15 - là các thanh trượt của mặt cánh; 16 - là tấm tôn tạo sóng làm mặt cánh; 17 - là các tấm ốp tròn cho thanh trượt; 23 - là các thanh chống giữ thanh ngang 14 nối với ống thép khung sau; 24 - là kê giữa thanh 14 với ống thép khung trước 11; 25 - là các thanh căng và giữ dây chống võng phía sau mặt cánh; 26 - là dây chống võng; 27 - là ngàm lắp thanh căng và giữ dây 25; D-D là mặt cắt phần cánh phía dưới khung cơ bản.

Mô tả chi tiết sáng chế.

Sau đây sáng chế kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi, sẽ được mô tả chi tiết theo phương án thực hiện ưu tiên của nó và có dựa vào các hình vẽ kèm theo, kết cấu này đặc biệt phù hợp để áp dụng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi, có mặt cánh là tấm mỏng, với mục đích làm cho tuabin gió có khả năng chế tạo cánh có diện tích cánh rất lớn để chế tạo được những tuabin gió có công suất rất lớn, theo phương án này kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi bao gồm:

a - Trụ lắp cánh nằm ở chính giữa bộ cánh bao gồm: giữa trụ lắp cánh có ống thép 2 để lắp bộ cánh vào đầu trục 1 của tuabin gió, ống thép 2 được liên kết với các mặt lắp cánh 4 bằng các thanh thép liên kết 3, các mặt lắp cánh 4 tạo thành trụ lắp cánh hình lăng trụ đa giác đều, cánh tuabin được lắp ghép vào trụ lắp cánh bằng cách cho mặt lắp cánh 4 lắp ghép với mặt bích gốc cánh 9 của cánh, mặt lắp cánh 4 có chiều cao dọc theo ống thép 2 lớn hơn chiều

cao của cánh và chiều rộng bằng chiều rộng của cánh tuabin, số mặt lắp cánh 4 bằng với số cánh của tuabin, các ống thép 5 được lắp từ các vị trí giao nhau của cạnh trước mặt lắp cánh 4 và vươn về phía trước tuabin tạo thành tháp dây văng, các ống thép 5 hội tụ tại mặt bích 6 trên đỉnh tháp dây văng, mặt bích 6 trên đỉnh tháp dây văng để lắp các dây văng 8, phía trước mặt bích 6 được lắp máy đo tốc độ gió 7, để đo tốc độ gió được chính xác hơn so với đặt máy đo gió trên thùng tuabin, cung cấp giá trị vận tốc gió và hướng gió cho các bộ điều khiển, (Hình 1).

b - Thân cánh tuabin gió có kết cấu khung giàn để tăng độ cứng vững và giảm khối lượng của cánh bao gồm: mặt bích gốc cánh 9 là nơi xuất phát của các ống kim loại 10, 11 và 12 tạo thành bộ khung cơ bản hình của cánh, càng gần ngọn cánh các ống này được chế tạo càng nhỏ dần để giảm khối lượng, đường trục tâm của các ống kim loại 10 và 11 được chế tạo song song với nhau, tạo thành mặt phẳng vuông góc với mặt ngang và hướng gió, cách nhau một khoảng nhỏ hơn 90% chiều rộng cánh, đường trục tâm của hai ống khung 10 và 11 là cố định không thay đổi, nó dễ dàng xác định vị trí khi lắp ráp cánh tuabin ngay tại chân cột, nó làm các đường cơ sở để chế tạo và lắp ráp các chi tiết của cánh, các ống khung 10, 11 và 12 liên kết với nhau bởi các ống kim loại liên kết 13 tạo thành bộ khung cơ bản của cánh, nó có khả năng chịu lực rất tốt để lắp các kết cấu mặt cánh, ống 11 là ống khung quay trước vì khi tuabin quay nó tiếp xúc với gió trước, ống 10 gọi là ống khung quay sau, ống khung trước 12 ở phía trước của cánh, được chế tạo cách đều hai ống khung 10 và 11, từ khoảng giữa cánh ống khung trước 12 được chế tạo giảm dần khoảng cách tới mặt phẳng chứa đường tâm hai ống khung 10 và 11, đến ngọn cánh khoảng này chỉ còn 0,2m đến 0,5m, phía sau hai ống khung 10 và 11 có các ống ngang mặt cánh 14 có chiều dài tương đương chiều rộng của cánh, miếng kê 24 để liên kết ống 14 với ống khung trước 11, các thanh 23 để liên kết ống 14 với ống thép khung sau 10, thanh 23 có thể bao gồm 2 hoặc 3 thanh để giữ chắc ống 14 vào ống khung 10, các ống 14 đặt cách nhau khoảng 1,5 m đến 2 m,

khung cánh tuabin được chế tạo thành từng đoạn, các chi tiết có độ dài rộng để vận chuyển bằng container và lắp ráp tại chân cột tuabin, (Hình 1).

c - Hệ thống dây văng: dây văng 8 kéo từ mặt bích 6 xuống ống thép khung cánh 12 của thân cánh để chịu lực đẩy dọc trục tuabin cho các cánh tuabin, mỗi cánh có thể có 1 hoặc nhiều dây văng 8, tại mỗi cánh có các trụ cánh dạng hình chóp tam giác lắp trên thân cánh, mỗi trụ cánh được làm bởi 3 ống thép 18, 3 chân trụ cánh được lắp cứng trên ba ống khung 10; 11; 12 để chống võng cho dây văng, trên đầu trụ cánh có khung đỡ 19 đỡ các dây văng, có

thể có 1 hoặc nhiều trụ cánh khi cánh rất dài, hoặc không có trụ cánh khi cánh tuabin ngắn hơn 60m, dây 20 liên kết các cánh để tăng cường độ cứng vững cho cánh, (Hình 1)

d – Mặt cánh tuabin gió: mép ngoài phía sau hai đầu ống ngang mặt cánh 14 được lắp các cặp máng trượt mặt cánh 15 dọc theo chiều dài mỗi ô cánh để mang mặt cánh 16, do đó độ nghiêng của cánh sẽ như độ nghiêng của ống ngang 14, máng trượt 15 nếu không được chế tạo tròn thì được ốp bởi tấm ốp tròn 17 để giảm lực cản gió khi mặt cánh cuộn lại, mặt cánh 16 được chế tạo dạng sóng (Hình 3; D-D) để khi hoạt động không bị võng theo chiều ngang cánh và dễ cuộn lại, vật liệu chế tạo có thể là kim loại hay vật liệu tổng hợp, mặt có gờ sóng rộng khe sóng nhỏ được quay về phía trước mặt cánh, mặt cánh được trượt trên hai máng trượt 15 để mở ra hoặc cuộn lại, hành trình trượt của mặt cánh được vận hành bởi bộ trục kép 21, bộ trục kép 21 được vận hành bởi động cơ điện do bộ cảm biến cuộn mở cánh điều khiển theo tốc độ gió, mặt cánh được cuộn lại hoặc mở ra trên trục cuộn cánh 22 bởi một động cơ điện cũng do bộ cảm biến cuộn mở cánh điều khiển theo tốc độ gió, mặt cánh được chia thành nhiều ô, chiều dài mỗi ô dài khoảng 20m để đảm bảo việc cuộn mở cánh dễ dàng, để chống võng cho mặt cánh, các thanh căng dây 25 lắp dưới mặt cánh bởi các ngàm 27, để căng dây 26 đỡ dưới mặt cánh và chống võng cho mặt cánh, (Hình 3).

e – Góc nghiêng của ống 14 tại mỗi vị trí là góc nghiêng α_i của mặt cánh với hướng gió tại mỗi vị trí thứ i trên suốt dọc chiều dài cánh theo tính toán lý thuyết, khoảng cách hai đường trục tâm của ống khung 11 với 10 được lấy là $m(m)$,

nếu theo phương nằm ngang, khoảng cách từ ống khung 11 đến ống 14 được lấy là n , thì sẽ tính được khoảng cách giữa ống khung 10 đến ống 14 tại mỗi vị trí thứ i theo phương ngang có độ lớn là $p = m \cot \alpha_i + n$;

nếu theo phương vuông góc với ống 14, khoảng cách từ ống khung 11 đến ống 14 được lấy là n' , thì sẽ tính được khoảng cách giữa ống khung 10 đến ống 14 tại mỗi vị trí thứ i theo phương ngang có độ lớn là $p' = m \cot \alpha_i + n'$;

khi đó các miếng kê 24 và các thanh 23 có số đo độ dài tại từng vị trí cánh để được chế tạo hàng loạt cho mỗi loại tuabin gió.

Độ nghiêng mặt cánh tuabin gió có tốc độ quay biến đổi được xác định như sau:

- Thứ nhất là chọn tốc độ gió v_C để tuabin có công suất lớn nhất,
- Thứ hai là chọn độ dài cánh và vận tốc dài đầu cánh, để tính tốc độ quay lớn nhất của tuabin ω_{max} ,

- Thứ ba là tìm các góc nghiêng α_i của mặt cánh tại vị trí cách tâm quay một đoạn r_i bằng cách sử dụng các thông số: độ dài r_i , tốc độ gió cho công suất lớn nhất v_C , tốc độ quay lớn nhất $\omega_{\max}$, chọn $k = 1$, lấy các góc α_i có độ lớn nhỏ hơn 89° đưa vào phương trình được rút gọn từ “Hàm công suất của tuabin gió cánh quạt”:

$$A_i = [kv_C - r_i \omega_{\max} \cot \alpha_i]^2 \cos \alpha_i \sin^2 \alpha_i$$

Lập bảng giá trị của A_i . Ta sẽ tìm được các giá trị của α_i tương ứng với d_i mà A_i đạt giá trị cực đại, các α_i này được chọn là góc nghiêng để chế tạo độ nghiêng của mặt cánh tại vị trí cách tâm trục quay một đoạn d_i .

Mặt nghiêng tạo bởi các đoạn thẳng nằm ngang cánh, cách tâm quay một đoạn r_i , nghiêng với hướng gió một góc α_i , là độ nghiêng vận vô đồ của mặt cánh tuabin gió. Độ nghiêng của cánh được giữ nguyên khi tuabin hoạt động.

Khi vận tốc gió lớn hơn vận tốc gió v_C cho công suất cao nhất, mặt cánh được thu bớt lại để công suất không tăng hơn công suất cao nhất. Khi tuabin dừng hoạt động do gió quá lớn, toàn bộ mặt cánh được cuộn lại.

Các phần tử cánh tuabin vẫn thu được năng lượng gió khi vận tốc gió tại khu vực quét chênh lệch nhau tới 6m/s nên cánh tuabin chỉ cần ngắn hơn cột khoảng trên 5m.

Góc nghiêng mặt cánh trong chế tạo và lắp đặt cho phép sai số là: lớn hơn góc nghiêng tính toán $1^\circ,3$, hoặc nhỏ hơn góc nghiêng tính toán $1^\circ,6$ để của công suất tuabin nhỏ hơn công suất tối đa dưới 5%. Điều này được giải thích bởi các đồ thị công suất của phần tử cánh khi góc nghiêng của nó thay đổi.

Khi vận tốc gió lớn hơn vận tốc gió v_C cho công suất cao nhất, mặt cánh được thu bớt lại để công suất không tăng hơn công suất cao nhất. Khi tuabin dừng hoạt động do gió quá lớn, toàn bộ mặt cánh được cuộn lại.

Ví dụ thực hiện.

Chế tạo một tuabin gió có tốc độ quay biến đổi công suất phát điện cao nhất 3,5 MW tại tốc độ gió 20m/s, ở vùng đồng bằng.

- Cột tuabin cao 110 m; đường kính thân cột khoảng 20 m, để xoay cánh về hướng gió, đầu cột được chế tạo thành đường ray tròn, bộ tuabin quay quanh trục giữa cột, phía đầu bộ lắp cánh tuabin được gắn trên các bánh xe dẫn hướng chạy vòng tròn trên đường ray đầu cột.

- Có 8 cánh dài 101 m; rộng 6 m: trong đó có 4 cánh diện tích cánh phủ 92% chiều cánh, 4 cánh diện tích cánh phủ 60% chiều dài cánh.

- Cánh có kết cấu khung giàn liên hợp dây văng. Trụ trung tâm dài 30m, có giàn lắp cánh hình lăng trụ đều 8 cạnh, mặt lắp cánh rộng 6m cao 5m, ống lõi trụ trung tâm đường kính 3 m dài 5m, mỗi cánh có 2 trụ cánh cách trụ trung tâm 40m và cách nhau 35m, các cánh mặt cánh dài 92m có 5 cặp dây văng, các cánh mặt cánh dài 60m có 4 cặp dây văng

Lực tác dụng lớn nhất lên cánh tuabin khi gió đạt tốc độ 25m/s cho tuabin dừng hoạt động là 270N/m^2 cánh, thời điểm này tuabin thu cuộn cánh và dừng hoạt động, lực này dùng để tính toán sức căng của dây văng.

Lực tác dụng dọc trục tại vận tốc gió 20m/s là 150N/m^2 dùng để tính lực đẩy đầu cột.

Mặt cánh là tôn tạo sóng, mỗi ô cánh chiều dài nhỏ hơn 20m, cánh có mặt dài hết chiều dài có 4 ô cánh, cánh loại ngắn có 3 ô cánh,

Ổn định công suất khi tốc độ gió vượt mức cao nhất bằng cách thu bớt các ô cánh. Bảo vệ tuabin khi gió bão bằng cách cuộn thu hồi toàn bộ mặt cánh.

Tốc độ gió khởi động 4m/s; tốc độ gió cho công suất cao nhất 20m/s; tốc độ gió lớn nhất dừng hoạt động 25m/s; tốc độ gió nhỏ nhất dừng hoạt động 3,5m/s

Tập hợp các góc nghiêng so với hướng gió tại các vị trí của mặt cánh được xác định tại vận tốc gió 20m/s là:

Khoảng cách tới trục tuabin (m).	Góc nghiêng của mặt cánh (α^0)
8	64,05
10	65,95
12	67,7
14	69,3
16	70,7
18	72,05
20	73,15
22	74,15
24	75,05
26	75,95
28	76,7
30	77,35
32	78,05
34	78,65
36	79,2
38	79,7
40	80,155
42	80,55
44	80,95
46	81,3
48	81,6
50	81,9
52	82,2
54	82,45
56	82,7
58	82,95
60	83,15
62	83,35

64	83,55
66	83,75
68	83,95
70	84,1
72	84,25
74	84,4
76	84,55
78	84,7
80	84,85
82	84,95
84	85,05
86	85,15
88	85,25
90	85,35
92	85,45
94	85,55
96	85,65
98	85,75
100	85,8

Công suất thu được của tuabin với các vận tốc gió khác nhau:

Vận tốc gió v (m/s)	Công suất P (KW)
4	28
5	52
6	92
7	144
8	220
9	312
10	428
11	572
12	740
13	944
14	1176
15	1448
16	1760
17	2112
18	2504
19	2948
20	3440

Khả năng áp dụng công nghiệp.

Do cánh được chế tạo không xoay áp dụng cho tuabin gió tốc độ biến đổi, nên cánh có thể chế tạo có độ dài rất lớn, có thể lên đến 200m.

Cánh chỉ cần ngắn hơn cột tuabin khoảng 10m. Như vậy với chiều cao của cần cầu hiện nay, thế giới có khả năng chế tạo và lắp đặt được những tuabin gió có cánh dài đến 200m với tốc độ quay 0,5rad/s (nhỏ hơn 5 vòng/phút), để tạo ra các tuabin gió có công suất rất lớn.

Bộ cánh được chế tạo thành từng chi tiết có chiều dài tối đa 12m, chiều rộng tối đa 2,5m, nên việc vận chuyển bằng container đến tận chân cột rồi lắp ráp rất dễ dàng.

Việc lắp đặt không khó khăn vì độ chính xác không quá lớn, việc hiệu chỉnh để góc nghiêng cánh có sai số không quá 0,5 độ là dễ dàng với các công cụ đo hiện nay.

Lợi ích mà sáng chế đạt được:

Chế tạo được những tuabin gió có công suất đến trên 10MW khi cánh dài gần 200m.

Giảm giá thành điện gió từ 4 đến 5 lần so với hiện nay khi đầu tư mới.

Cải tạo tuabin gió hiện nay để tăng công suất thực lên 3 đến 4 lần, đồng thời làm khả năng giảm phát thải của tuabin gió cũ tăng thêm 2 đến 3 lần.

Kết cấu khung cánh nằm ở phía trước cánh có tác dụng không làm rối loạn các dòng khí xoáy sau cánh, làm tăng hệ số cản tiền đầu C_x , làm cho công suất tuabin gió cao hơn khi khung cánh nằm ở phía sau của cánh.

YÊU CẦU BẢO HỘ.

1. Kết cấu bộ cánh dây văng cho tuabin gió có tốc độ quay biến đổi bao gồm:

a - trụ lắp cánh nằm ở chính giữa bộ cánh gồm:

- giữa trụ trung tâm có ống thép (2) để lắp bộ cánh vào đầu trục (1) của tuabin gió,
- ống thép (2) được liên kết với các mặt lắp cánh (4) bằng các thanh thép liên kết (3), các mặt lắp cánh (4) tạo thành trụ lắp cánh hình lăng trụ đa giác đều,
- cánh tuabin được lắp ghép vào trụ lắp cánh bằng cách cho mặt lắp cánh (4) lắp ghép với mặt bích gốc cánh (9) của cánh,
- các ống thép (5) được lắp từ các vị trí giao nhau của cạnh trước mặt lắp cánh (4) và vươn về phía trước tuabin tạo thành tháp dây văng, các ống thép (5) hội tụ tại mặt bích (6) trên đỉnh tháp dây văng,
- mặt bích (6) trên đỉnh tháp dây văng để lắp các dây văng (8), phía trước mặt bích (6) được lắp máy đo tốc độ gió (7),

b - thân cánh tuabin gió có kết cấu khung giàn gồm:

- mặt bích gốc cánh (9) là nơi xuất phát của các ống kim loại khung (10); (11); (12), các ống khung này liên kết với nhau bởi các ống kim loại liên kết (13), tạo thành bộ khung cơ bản của cánh, đường trục tâm của các ống khung quay sau (10) và ống khung quay trước (11) được chế tạo song song với nhau, khi quay tạo thành mặt phẳng vuông góc với mặt ngang và hướng gió, nó làm các đường cơ sở để chế tạo và lắp ráp các chi tiết của cánh,
- ống khung trước (12) được chế tạo ở phía trước cánh và cách đều hai ống khung (10) và (11), từ khoảng giữa cánh, ống khung (12) được chế tạo giảm dần khoảng cách tới mặt phẳng chứa đường tâm hai ống khung (10) và (11),
- phía sau hai ống khung (10) và (11) có các ống ngang mặt cánh (14) có chiều dài tương đương chiều rộng của cánh, miếng kê (24) để liên kết ống (14) với ống khung quay trước (11), các thanh (23) để liên kết ống (14) với ống thép khung quay sau (10),
- khung cánh tuabin được chế tạo thành từng đoạn, có độ dài rộng nhỏ hơn 15 m để vận chuyển bằng container và lắp ráp tại chân cột tuabin,

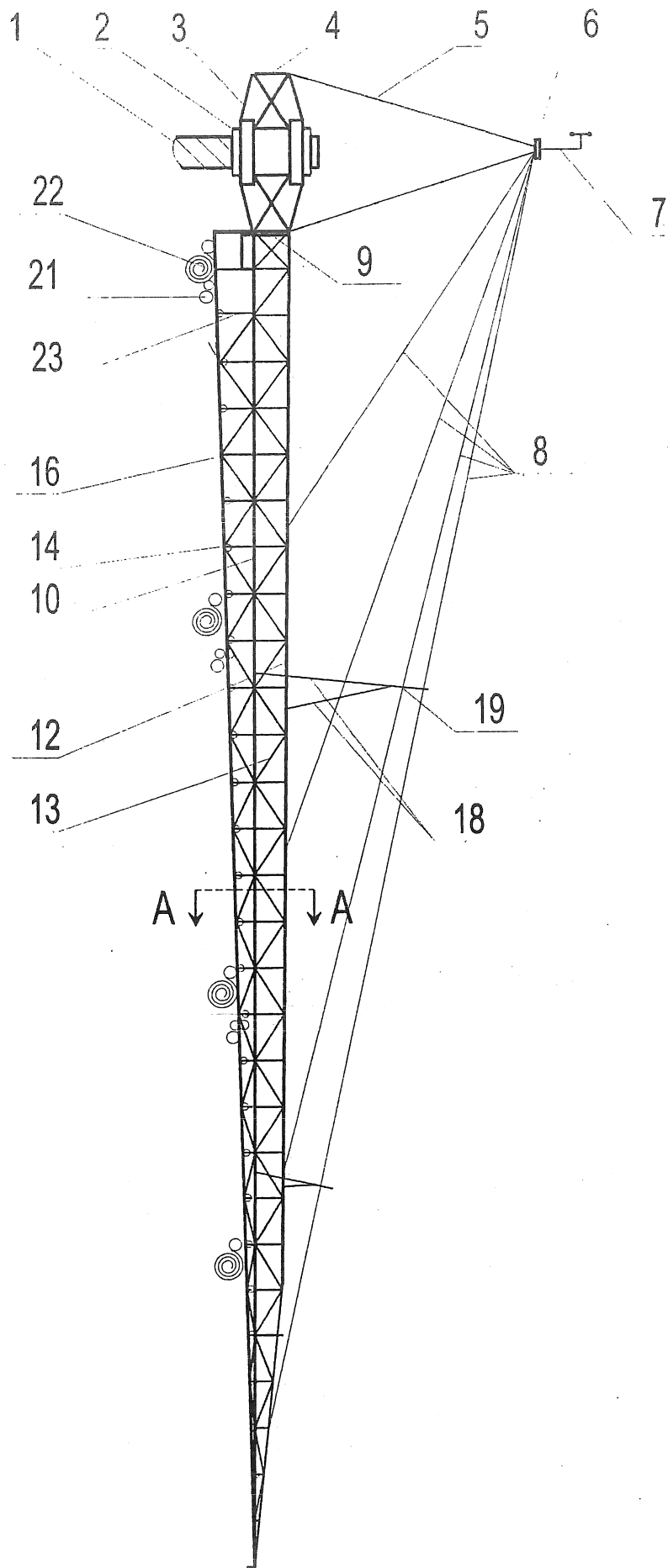
c - dây văng để chịu lực đẩy dọc trục tuabin cho các cánh gồm:

- mỗi cánh có thể có 1 hoặc nhiều dây văng (8),

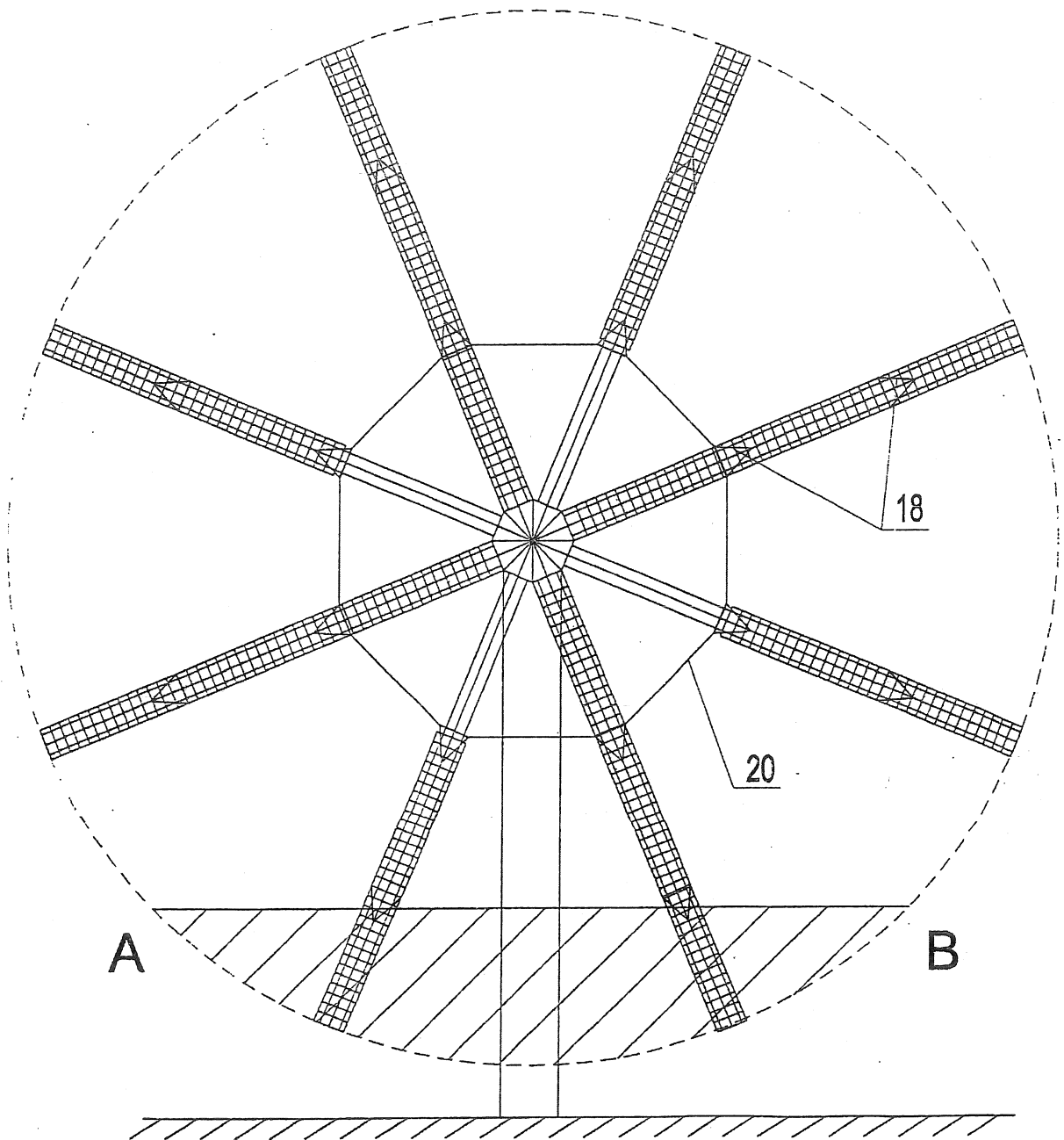
- trụ cánh (18), được làm bởi 3 ống thép lắp cứng trên ba ống khung (10); (11); (12) để chống võng cho dây văng,
- trên đầu trụ cánh có khung đỡ (19) đỡ các dây văng,
- dây (20) liên kết các cánh để tăng cường độ cứng vững cho cánh,

d – mặt cánh tuabin gió gồm:

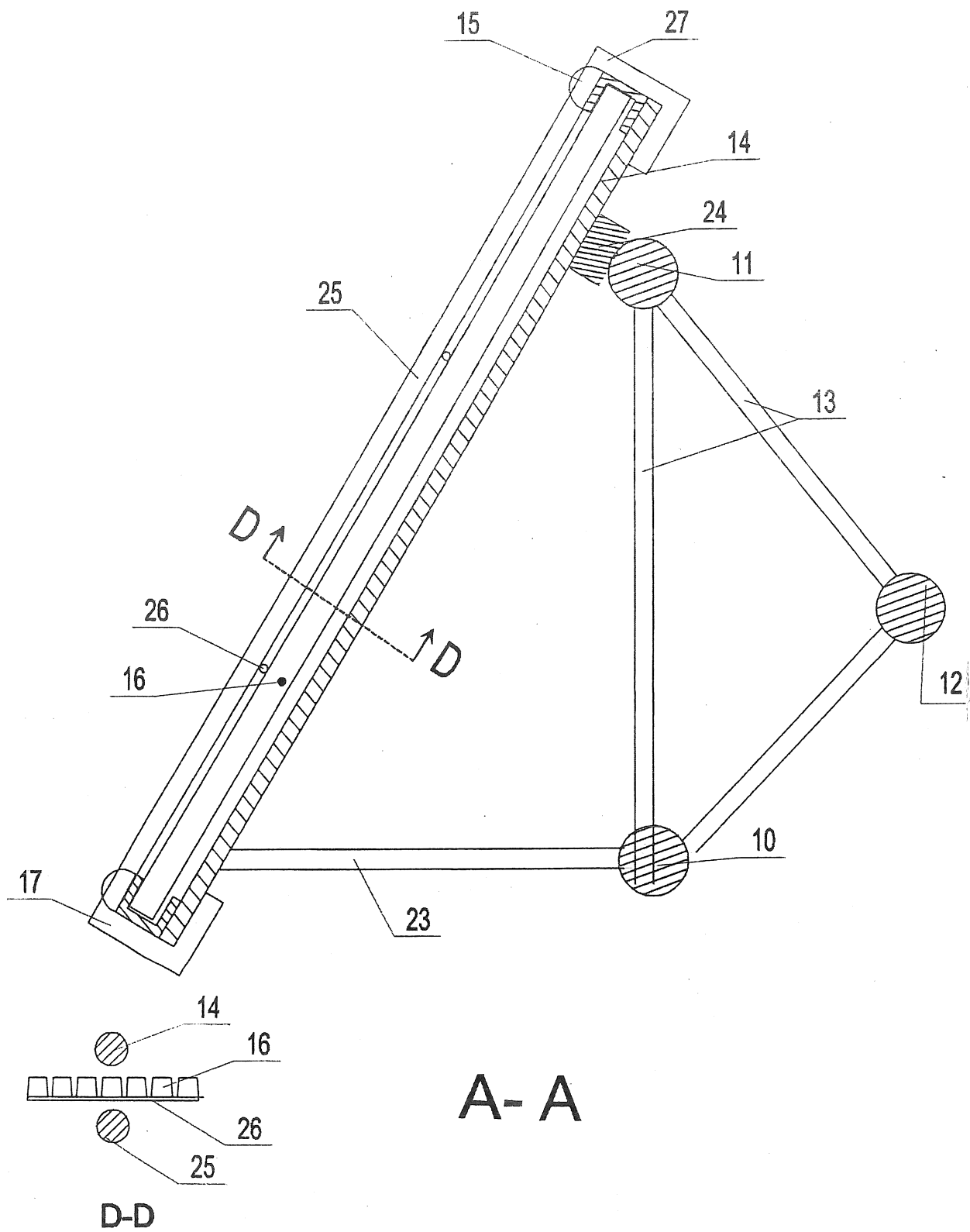
- mép ngoài phía sau hai đầu ống ngang cánh (14) được lắp các cặp máng trượt mặt cánh (15) dọc theo chiều dài mỗi ô cánh để mang mặt cánh (16),
- mặt cánh (16) được chế tạo dạng sóng để khi hoạt động không bị võng theo chiều ngang cánh và dễ cuộn lại, mặt cánh được trượt trên hai máng trượt (15) để mở ra hoặc cuộn lại, mặt cánh được chia thành nhiều ô,
- hành trình trượt của mặt cánh được vận hành bởi bộ trục kép (21), bộ trục kép (21) được vận hành bởi động cơ điện do bộ cảm biến cuộn mở cánh điều khiển theo tốc độ gió,
- mặt cánh được cuộn lại hoặc mở ra trên trục cuộn cánh (22) bởi một động cơ điện do bộ cảm biến cuộn mở cánh điều khiển,



Hình 1



Hình 2



Hình 3