



(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)



1-0047045

(51)^{2020.01} F03D 1/06; F03D 9/00; F03D 7/04

(13) B

(21) 1-2020-05935

(22) 17/04/2018

(86) PCT/CN2018/083258 17/04/2018

(87) WO2019/200526 24/10/2019

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/06/2021 399A

(73) ENVISION ENERGY CO., LTD. (CN)

No. 3 Shenzhuang Road, Shengang Street, Jiangyin Wuxi, Jiangsu 214443, China

(72) WANG, Bikun (CN); WANG, Linpeng (CN); CHEN, Lin (CN).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP, HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN, MÁY PHÁT ĐIỆN TUABIN GIÓ
BAO GỒM HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NÀY VÀ VẬT GHI CÓ THỂ ĐƯỢC ĐỌC ĐƯỢC
BẰNG MÁY TÍNH ĐỂ ĐIỀU KHIỂN ĐỘ HỒ ĐÀU

(21) 1-2020-05935

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp, hệ thống điều khiển, máy phát điện tua bin gió bao gồm hệ thống điều khiển này và vật ghi có thể đọc được bằng máy tính để điều khiển độ hở đầu. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC)(1000) và máy phát điện tuabin gió (1) được bộc lộ, máy phát điện tuabin gió có rôto với ít nhất một cánh (5) quay tương đối với tháp (2) và với độ hở đầu (8) giữa đầu cánh (7) của ít nhất một cánh và tháp, phương pháp bao gồm: đo (1100) tập hợp các giá trị vận hành (110) và tập hợp các giá trị tải trọng cánh (150); ước lượng (1200) độ hở đầu (210) như là hàm của tập hợp các giá trị vận hành và tập hợp các giá trị tải trọng cánh; tạo ra (1300) lệnh điều khiển (310) từ độ hở đầu được ước lượng (210). Vật ghi đọc được bằng máy tính (400) và hệ thống điều khiển máy phát điện tuabin gió (300) cũng được bộc lộ.

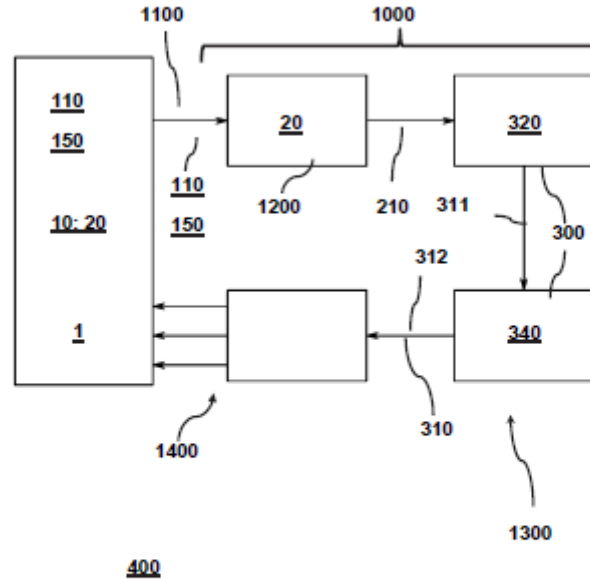


Fig. 2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến việc điều khiển và ước lượng độ hở ở đầu của máy phát điện tuabin gió, cụ thể là, phương pháp, hệ thống điều khiển, máy phát điện tua bin gió bao gồm hệ thống điều khiển này và vật ghi có thể đọc được bằng máy tính để điều khiển độ hở đầu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Do thiết kế tuabin gió sử dụng các cánh dài hơn để mong lấy nhiều năng lượng hơn từ gió, độ hở đầu cánh trở thành một thách thức lớn. Khi cánh quay qua tháp, không chỉ các điều kiện môi trường khắc nghiệt như gió cắt, gió giật và xoáy sẽ tăng xác suất va chạm tháp, mà cánh thiết kế ngày càng dẻo hơn.

Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) bước hoạt động khi cánh quay qua tháp. Phương pháp điều khiển vòng kín làm cho hệ thống đáng tin cậy và ổn định. Độ hở đầu được cải thiện sẽ không chỉ tránh rủi ro trong điều kiện gió mà còn có lợi cho thiết kế cánh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích đạt được nhờ phương pháp, hệ thống điều khiển cho máy phát điện tuabin gió, máy phát điện tuabin gió, và vật ghi có thể đọc được bằng máy tính để thực hiện các lệnh như sẽ được trình bày sau đây.

Mục đích đạt được nhờ phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) của máy phát điện gió có một cánh với ít nhất một cánh quay tương đối với tháp và có độ hở đầu giữa đầu cánh của ít nhất một cánh và tháp. Phương pháp này có thể bước đo trên máy phát điện tuabin gió một tập hợp các giá trị vận hành và một tập hợp các giá trị tải trọng của cánh.

Các giá trị vận hành có thể bao gồm các giá trị của góc xiên, tốc độ máy phát hoặc mômen xoắn.

Có bước ước lượng độ hở đầu giữa đầu cánh và tháp như là hàm của tập hợp các giá trị vận hành và tập hợp các giá trị tải trọng cánh.

Có bước tạo ra lệnh điều khiển (310) từ độ hở đầu được ước lượng.

Lệnh điều khiển có thể áp dụng cho máy phát điện tuabin gió một cách trực tiếp.

Khi rôto tuabin gió trở nên lớn hơn, các vấn đề về độ hở đầu phát sinh và thậm chí đặt ra giới hạn đối với thiết kế tuabin gió. Để cải thiện độ hở đầu mũi, phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) được thiết kế để đảm bảo độ hở đầu mũi an toàn nhỏ nhất. Khi bộ điều khiển phát hiện thấy độ hở đầu dưới một ngưỡng nhất định, TCC sẽ đưa ra các lệnh chỉnh độ xiên riêng lẻ cho ba sự thiết đặt chỉnh độ xiên khác nhau để uốn cong toàn bộ mặt phẳng rôto để tránh hiện tượng độ hở đầu cực hạn.

TCC sử dụng bộ ước lượng độ hở đầu làm đầu vào của hệ thống. Bộ ước lượng sử dụng sự kết hợp tuyến tính và phi tuyến của tải trọng cánh, góc xiên, tốc độ máy phát và mômen xoắn, để tạo ra độ hở đầu được ước lượng.

Các tín hiệu được đo từ các cảm biến khác nhau. Độ hở đầu nhỏ nhất là khi cánh quay qua tháp và thuật toán hoặc phương pháp được thiết kế để kết hợp và lấy mẫu ba độ hở đầu ước lượng của cánh trong cửa sổ để tạo ra tín hiệu đầu vào rời rạc.

TCC có thể có môđun điều khiển tích phân tỷ lệ (proportional integral: PI) kép bên trong bộ điều khiển. Bộ điều khiển PI thứ nhất được định cấu hình để tạo ra mức độ mômen uốn nghiêng của đùm trục được mong đợi để tránh tình trạng hở đầu cực hạn. Bộ điều khiển PI thứ hai được cấu hình để thay đổi sai số mômen uốn thành các lệnh chỉnh độ xiên riêng lẻ. Độ hở đầu mong đợi được chuyển thành mômen uốn thông qua bộ điều khiển PI thứ nhất và mômen uốn sẽ được chuyển sang góc xiên yêu cầu trong trục DQ thông qua bộ điều khiển PI thứ hai. Góc xiên trong trục DQ được chuyển thành ba lệnh chỉnh độ xiên thông qua một phép biến đổi DQ ngược thông thường.

Chức năng hoặc phương pháp TCC có thể được chia thành ba phần.

Phần thứ nhất có thể là các phép đo tín hiệu được sử dụng làm đầu vào cho phương pháp. Các tín hiệu có thể bao gồm thông tin vận hành hoặc hiệu suất tuabin gió cơ bản bao gồm các số đo góc xiên, tốc độ máy phát và mômen xoắn.

Các tải trọng phần tử cánh khác nhau cũng có thể thu được. Tải trọng có thể nhận được thông qua một số cảm biến đo biến dạng gắn bên trong bề mặt cánh. Số lượng đồng hồ đo biến dạng sẽ quyết định độ chính xác của độ hở đầu được ước lượng.

Số đo tải trọng có thể thu được bằng cách sử dụng giải pháp cảm biến sợi quang. Các số đo tải trọng có thể thu được, như sẽ được trình bày ở phần sau.

Phần thứ hai có thể là ước lượng độ hở đầu.

Ước lượng TC này có thể sử dụng hồi quy tuyến tính dựa trên thông tin cảm quan cơ bản về tuabin gió hoặc các số đo như đã nêu. Một cách để thực hiện làm khớp tuyến tính là sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Phần thứ ba của chức năng TCC có thể là điều khiển PI kép trong phương pháp vòng lặp đóng.

Chức năng hoặc phương pháp TCC có thể sử dụng hai bộ điều khiển PI riêng biệt trong đó các thông số được hiệu chuẩn. Tham số lan truyền và tham số tích phân có thể hoặc sẽ phụ thuộc vào kiểu tuabin gió.

Phần bổ sung có thể là trường hợp các tín hiệu hoặc lệnh được đi qua phép biến đổi DQ ngược để phân tích hoặc tách tín hiệu hoặc lệnh thành ba tín hiệu độ xiên trong trường hợp rôto ba cánh.

Theo một khía cạnh nào đó, phương pháp điều khiển độ hở đầu là bước ước lượng độ hở đầu mà bao gồm việc xác định:

$$Y_{TC} = x_1 + x_2 \cdot \theta + x_3 \cdot \omega + x_4 \cdot T + x_5 \cdot M_{bladeroot} + x_6 \cdot M_{SHtilt} + x_7 \cdot F_{thrust}$$

Theo một khía cạnh, bước xác định độ hở đầu (1220) Y_{TC} (1230) bao gồm việc xác định M_{SHtilt} (mômen nghiêng) nhờ các bước làm khớp $M_{bladeroot}$ (mômen tải trọng cánh) khả dụng. Có thể sử dụng hai $M_{bladeroot}$ khác nhau cho máy phát điện tuabin gió với ít nhất hai cánh. Có thể sử dụng ba $M_{bladeroot}$ khác nhau cho máy phát điện tuabin gió với ít nhất ba cánh và v.v..

Theo một khía cạnh, bước xác định độ hở đầu

$$Y_{TC} = x_1 + x_2 \cdot \theta + x_3 \cdot \omega + x_4 \cdot T + x_5 \cdot M_{bladeroot} + x_6 \cdot M_{SHtilt} + x_7 \cdot F_{thrust}$$

bao gồm việc giải phương trình

$$AX = Y$$

trong đó

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \theta_1 & \omega_1 & T_1 & M_{bladeroot_1} & M_{SHtilt_1} & F_{thrust_1} \\ 1 & \theta_2 & \omega_2 & T_2 & M_{bladeroot_2} & M_{SHtilt_2} & F_{thrust_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \theta_n & \omega_n & T_n & M_{bladeroot_n} & M_{SHtilt_n} & F_{thrust_n} \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_{TC_1} \\ Y_{TC_2} \\ \vdots \\ Y_{TC_n} \end{bmatrix}.$$

Các phương trình được điền bởi tập hợp các giá trị vận hành đo được và tập hợp các giá trị tải trọng cánh đo được.

Y_{TC} là độ hở đầu. Đó là khoảng cách giữa đầu cánh và tháp khi cánh quay qua tháp. Độ hở đầu có thể là một số đo tương tự về khoảng cách giữa đầu cánh và tháp hoặc phần đứng yên.

Các giá trị vận hành là như sau: θ là góc xiên, ω là tốc độ máy phát, và T là mômen xoắn của máy phát.

$M_{\text{bladeroot}}$ là số đo mômen đập cánh của gốc cánh. M_{SHilt} là số đo mômen nghiêng của đùm trục cố định. M_{SHilt} có thể thu được như một sự kết hợp phi tuyến tính của 3 tải trọng đập cánh ở ba gốc cánh khác nhau.

F_{thrust} là lực đẩy của rôto. F_{thrust} có thể nhận được dưới dạng kết hợp tuyến tính của các tải trọng đập cánh ở ba gốc cánh khác nhau.

x_1 đến x_7 là các hằng số được xác định dựa trên dữ liệu hoạt động và ví dụ được xác định bằng cách làm khớp hồi quy và giải tập phương trình.

Theo một khía cạnh, bước tạo ra lệnh điều khiển được thực hiện bởi các bước như sẽ được mô tả.

Có thể có bước tạo ra lệnh thứ nhất như là hàm của độ hở đầu được ước lượng và độ hở đầu của điểm thiết đặt, trong đó lệnh thứ nhất là lệnh mômen nghiêng của điểm thiết đặt.

Bước này được theo sau bởi bước tạo ra lệnh thứ hai như là hàm của lệnh thứ nhất và mômen nghiêng của đùm trục được đo, lệnh thứ hai này là lệnh chỉnh độ xiên.

Theo một khía cạnh, hoạt động tạo ra lệnh điều khiển bao gồm việc sử dụng IPC (điều khiển độ xiên riêng lẻ) với bảng tra cứu động có giới hạn dưới và giới hạn trên và trong đó chỉ giới hạn dưới được thay đổi dưới dạng hàm của độ hở đầu được ước lượng.

Bảng tra cứu động có thể bao gồm các mômen nghiêng của đùm trục như là hàm của tốc độ gió. Có thể có biên dạng giới hạn trên và có thể có biên dạng giới hạn dưới.

Tính động có thể ở chỗ biên dạng giới hạn trên và/hoặc biên dạng giới hạn dưới thay đổi như là hàm của tốc độ gió nói trên.

Điều này có thể có lợi trong các điều kiện gió cực hạn như gió cắt và các điều kiện thay đổi gió. Ví dụ, nếu một thay đổi hoặc thay đổi nhanh, chẳng hạn như tải trọng của dầm trục, được phát hiện, thì lệnh chỉnh độ xiên (riêng lẻ) hoặc giá trị giới hạn dưới của điểm đặt có thể được tăng lên hoặc giá trị giới hạn trên có thể được giảm xuống để dự đoán hành vi của các lệnh chỉnh độ xiên.

Theo một khía cạnh, phương pháp này còn bao gồm bước biến đổi (biến đổi có thể là biến đổi DQ) lệnh điều khiển (có thể là lệnh chỉnh độ xiên) thành các lệnh chỉnh cánh riêng lẻ mà là các lệnh chỉnh độ xiên cánh riêng lẻ.

Theo một khía cạnh, tập hợp các giá trị tải trọng cánh đã đo thu được dưới dạng phép đo từ một hoặc nhiều phương tiện đo giá trị cánh. Có thể có máy đo biến dạng cơ học. Có thể có máy đo biến dạng sợi quang. Có thể có thiết lập laze. Có thể có thiết lập camera. Sự kết hợp có thể được sử dụng để cung cấp độ chính xác tốt hơn hoặc dự phòng dữ liệu.

Theo một khía cạnh, tập hợp các giá trị tải trọng cánh đo được thu được dưới dạng thiết lập máy đo biến dạng cơ học, trong đó thiết lập cơ học bao gồm thiết lập cầu Wheatstone và phương tiện để hiệu chuẩn.

Các hoạt động đã nêu có thể được thực hiện trong vật ghi đọc được bằng máy tính bao gồm các chỉ lệnh mà khi chương trình được thực thi bởi máy tính, máy tính sẽ thực hiện các hoạt động.

Các hoạt động đã nêu có thể được thực hiện trong hệ thống điều khiển máy phát điện tuabin gió bao gồm các phương tiện để thực hiện các hoạt động. Hệ thống điều khiển máy phát điện tuabin gió có thể được thực hiện với vật ghi đọc được bằng máy tính và máy tính như đã nêu.

Theo một khía cạnh, hệ thống điều khiển máy phát điện tuabin gió có thể bao gồm các phương tiện để đo tập hợp các giá trị tải trọng cánh, có thể bao gồm cảm biến đo biến dạng được gắn ở bên trong bề mặt gốc cánh.

Theo một khía cạnh, cảm biến đo biến dạng được tạo cấu hình theo cấu hình cầu Wheatstone.

Ví dụ, việc tái dựng độ hở đầu và đầu vào tải trọng chùm trục IPC phụ thuộc vào tải trọng của gốc cánh.

Theo một khía cạnh, tải trọng cánh có thể thu được bằng cách sử dụng cảm biến đo biến dạng được gắn bên trong bề mặt gốc cánh. Bộ điều khiển có thể nhận ba tín hiệu cảm biến gốc cánh làm đầu vào tải và các cảm biến có thể được hiệu chỉnh.

Có thể sử dụng giá đỡ được gắn trên bề mặt bên trong của cánh bằng keo epoxy và GRP (nhựa gia cố bằng thủy tinh) để không làm hỏng bề mặt cánh. Cảm biến có thể được gắn trên giá đỡ bằng vít giúp giải pháp này thuận tiện cho việc bảo trì.

Cảm biến biến dạng có thể bao gồm máy đo biến dạng, bộ khuếch đại tín hiệu và bộ bảo vệ cơ học. Cảm biến biến dạng được cấu hình để đo biến dạng vi mô của bề mặt gốc cánh bằng cầu Wheatstone đo biến dạng. Cảm biến được cấu hình để biến đổi biến dạng vi mô thành tín hiệu điện áp, biểu diễn tải trọng gốc cánh sau khi hiệu chuẩn.

Bên cạnh hệ thống hoặc phương pháp vòng lặp điều khiển (đóng) thực tế, thì các bước và thành phần có thể được tách biệt để đề xuất phương pháp hoặc hệ thống ước lượng độ hở đầu. Phương pháp ước lượng độ hở đầu giữa đầu cánh và tháp trên máy phát điện gió có thể bao gồm các bước đã nêu mà không tạo ra hoặc thực hiện các bước điều khiển.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được mô tả chỉ bằng các ví dụ và có dựa vào các hình vẽ, trong đó:

Fig. 1 minh họa độ hở đầu (TC) trên máy phát điện tuabin gió;

Fig. 2 minh họa bộ điều khiển hoặc dòng điều khiển độ hở đầu của máy phát điện tuabin gió;

Fig. 3 minh họa rôto có các cánh và các ví dụ lấy mẫu độ hở đầu;

Fig. 4 minh họa các giá trị độ hở đầu dưới dạng hàm của thời gian;

Fig. 5 minh họa hệ thống điều khiển với bộ điều khiển thứ nhất và bộ điều khiển thứ hai;

Fig. 6 minh họa hiệu quả điều khiển độ hở đầu (TCC);

Fig. 7 minh họa phương pháp hoặc hệ thống điều khiển độ hở đầu của máy phát điện tuabin gió; và

Fig. 8 minh họa việc làm khớp dữ liệu được sử dụng để ước lượng độ hở đầu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Chi tiết	Số
Máy phát điện tuabin gió, WTG	1
Tháp	2
Vỏ	3
Rôto	4
Cánh	5
Gốc cánh	6
Đầu của cánh	7
Độ hở đầu (TC)	8
Các phương tiện đo tải trọng cánh	10
Cảm biến đo biến dạng	20
Hệ thống điều khiển độ hở đầu	100
Tập hợp các giá trị vận hành	110

Tập hợp các giá trị tải trọng của cánh	150
Cửa sổ lấy mẫu	170
Bộ ước lượng TC	200
Độ hở đầu được ước lượng	210
Độ hở đầu của điểm thiết đặt	215
Bộ điều khiển/hệ thống điều khiển WTG	300
Lệnh điều khiển	310
Lệnh điều khiển thứ nhất	311
Lệnh điều khiển thứ hai	312
Bộ điều khiển thứ nhất	320
Bộ điều khiển thứ hai	340
Vật ghi đọc được bằng máy tính	400
Điều khiển độ hở đầu	1000
Đo	1100
Ước lượng	1200
Xác định độ hở đầu Y	1220
Độ hở đầu Y	1230
Tạo ra	1300
Điều chỉnh	1400

Fig.1 minh họa máy phát điện tuabin gió với vỏ 3, rôto 4 với ít nhất một cánh quay tương đối so với tháp, và độ hở đầu giữa đầu cánh 7 của ít nhất một cánh và tháp. Cánh 5 kéo dài từ gốc cánh 6 về phía đầu cánh 7. Giữa đầu cánh 8 và tháp 2 có độ hở đầu (TC) 8. Độ hở đầu (TC) là cánh thấp nhất 5 của rôto 4.

Fig.2 minh họa minh họa phương pháp và hệ thống điều khiển độ hở đầu 1000 của máy phát điện tuabin gió 1 như được minh họa trên Fig.1. Phương pháp này bao gồm bước đo 1100 tập hợp các giá trị vận hành 110 trên máy phát điện tuabin gió 1. Các giá trị vận hành 110 có thể bao gồm các giá trị của góc xiên, tốc độ máy phát và mômen xoắn. Các giá trị vận hành 110 bao gồm tập hợp các giá trị tải trọng cánh 150, mà các giá trị tải trọng cánh có thể thu được nhờ các phương tiện đo tải trọng cánh 10 như được ví dụ và chẳng hạn như cảm biến đo biến dạng 20.

Có bước ước lượng 1200 độ hở đầu 210 giữa đầu cánh 7 và tháp 2 như là hàm của tập hợp các giá trị vận hành 110 và tập hợp các giá trị tải trọng cánh 150.

Có bước tạo ra 1300 lệnh điều khiển 310 từ độ hở đầu được ước lượng 210. Bước tạo ra lệnh điều khiển 310 được thực hiện bởi bộ điều khiển 300, mà bộ điều khiển ở đây được minh họa như là bộ điều khiển thứ nhất 320 cung cấp lệnh điều khiển thứ nhất 311 đến bộ điều khiển thứ hai 340 tạo ra lệnh điều khiển thứ hai 312.

Còn có bước điều chỉnh 1400 tuabin gió 1 bằng cách chỉnh đội xiên từng cánh riêng lẻ như được hiển thị dưới dạng ba lệnh điều khiển độ xiên riêng lẻ của tuabin gió ba cánh giả định được minh họa trên Fig.1.

Bộ điều khiển thứ nhất 320 và bộ điều khiển thứ hai 340 được minh họa chi tiết trên Fig.4.

Các chỉ lệnh được thực hiện trên máy tính có thể được lưu trong vật ghi đọc được bằng máy tính 400.

Fig.3 minh họa rôto 4 và cánh 5 quay qua tháp 2 (mà đường tâm được minh họa bởi đường nét đứt). Khi cánh quay qua tháp 2, một mẫu ước lượng độ hở đầu trong phạm vi góc phương vị trong cửa sổ lấy mẫu 170, mà cửa sổ này có thể nằm trong khoảng 175–185 độ.

Cứ mỗi góc phương vị 120 độ, sẽ có trạng thái ổn định và giữ nguyên trong góc phương vị 110 độ.

Trong ví dụ, Fig.4 minh họa độ hở đầu thực tế 8 của cánh 5 đến tháp 2 và độ hở đầu được ước lượng 210. Trục X là thời gian theo giây và trục Y là theo mét cho tuabin gió cụ thể.

Đoạn bằng được nhìn thấy trong độ hở đầu được ước lượng 210 là giá trị lấy mẫu và giữ nguyên cho mỗi cánh 5 trong ba cánh 5 của rôto 4 nằm cách 120 độ, giá trị lấy mẫu và giữ nguyên này được duy trì trong góc phương vị 110 độ.

Fig.5 minh họa cấu hình điều khiển PI kép. Điểm thiết lập của độ hở đầu (TC SP) 215 có thể là tham số không đổi hoặc được điều chỉnh động. Sai số giữa điểm thiết lập độ hở đầu 215 và giá trị độ hở đầu được ước lượng 210 được chuyển thành điểm thiết lập mômen nghiêng của đùm trục dùng cho bộ điều khiển PI thứ nhất (PI 1). Như được minh họa, điểm thiết lập độ hở đầu 215 được so sánh với độ hở đầu được ước lượng 210 được cung cấp bởi bộ ước lượng độ hở đầu 200 (không được minh họa ở đây). Sai số hoặc kết quả của phép so sánh được cung cấp đến bộ điều khiển thứ nhất 320 mà có thể là bộ điều khiển PI được minh họa dưới dạng PI 1, bộ điều khiển thứ nhất 320 này được cấu hình để kết xuất điểm thiết lập mômen nghiêng của đùm trục tuabin gió.

Điểm thiết lập mômen nghiêng được so sánh với mômen nghiêng và sai số hoặc kết quả so sánh được cung cấp đến bộ điều khiển thứ hai 340 mà có thể là bộ điều khiển PI được minh họa như là PI 2, bộ điều khiển thứ hai 340 này được cấu hình để kết xuất lệnh điều khiển độ xiên.

Nói chung, Fig.5 minh họa khía cạnh cụ thể của Fig.2 là bước tạo ra 1300 lệnh điều khiển 310 bởi bước tạo ra lệnh thứ nhất (311) là hàm của độ hở đầu được ước lượng 210 và điểm thiết lập độ hở đầu 215. Lệnh thứ nhất 311 là lệnh mômen nghiêng của điểm thiết lập. Bước này được theo sau bởi bước tạo ra lệnh thứ hai 312 như là hàm của lệnh thứ nhất 311 và mômen nghiêng của đùm trục được đo, trong đó lệnh thứ hai 312 là lệnh chỉnh độ xiên. Lệnh thứ hai 312 có thể còn được chuyển đổi thành lệnh điều khiển 310 (không được minh họa trên hình vẽ).

Fig.6 minh họa hiệu quả điều khiển độ hở đầu (TCC). Hình vẽ phía trên minh họa việc điều khiển góc xiên có điều khiển độ hở đầu (TCC) 1000 (đường đậm) và việc điều

hiển góc xiên không có việc điều khiển độ hở đầu (NO TCC) (đường nhạt). Hình vẽ phía dưới minh họa độ hở đầu 8.

Độ hở đầu 8 được thể hiện khi có phương pháp điều khiển độ hở đầu 1000 và khi không có phương pháp này (đường nhạt).

Nếu độ hở đầu 8 thấp hơn ngưỡng TCC tại chu kỳ cụ thể (xem khoảng 151 trên trục X), TCC sẽ bắt đầu hoạt động trong một vài chu kỳ tiếp theo.

Như được minh họa, bộ điều khiển của tuabin gió bắt đầu chỉnh độ xiên sau chu kỳ đầu tiên (khoảng 151) và độ hở đầu tăng lên.

Fig.7 phác thảo một phương án điều khiển độ hở đầu (TCC) 1000 của tuabin gió 1 để cải thiện độ hở đầu. Phương án này có thể được hiểu là một chuỗi các bước, tập hợp các thành phần của hệ thống hoặc các hoạt động được cài đặt trên máy tính hoặc vật ghi đọc được bằng máy tính để khi các hoạt động được thực hiện dưới dạng các chỉ lệnh, máy tính sẽ tạo ra các lệnh. Với sản phẩm tuabin gió được phác thảo, TCC (điều khiển độ hở đầu) cải thiện an toàn độ hở đầu và có thể đảm bảo độ hở đầu nhỏ nhất và đáp ứng các yêu cầu tải trọng quan trọng.

Hệ thống kín TCC 1000 và máy phát điện tuabin gió 1 có thể được đưa vào hoạt động như mô tả trong phần sau.

Sau khi nhận dữ liệu từ các cảm biến, chức năng TCC sẽ cho phép thuật toán IPC (điều khiển độ xiên riêng lẻ) để uốn cong mặt phẳng rôto của máy phát điện tuabin gió 1 để tránh độ hở cực hạn.

IPC-SP (điểm thiết lập) thu được từ bảng điểm thiết lập.

Nếu IPC-PV (giá trị quy trình) dưới SP, bộ điều khiển tích phân tỷ lệ-điều khiển độ xiên riêng lẻ (IPC-PI: IPC-Proportional Integration) sẽ tinh chỉnh PV theo SP. Vòng lặp TCC cũng sẽ nhận được IPC-SP và so sánh nó với IPC-SP gốc. Khi TCC-SP lớn hơn IPC-SP, thì IPC sẽ hoạt động ngay cả khi tải trọng đùm trục ở trong phạm vi bình thường.

Mô hình TC 200 được sử dụng để mô phỏng độ hở đầu. Vì độ hở đầu có thể không được sử dụng trực tiếp làm đầu vào cho bộ điều khiển, do đó tín hiệu hoạt động hoặc hiệu suất tuabin được sử dụng để tái tạo độ hở đầu. Các giá trị hoạt động như vậy có thể bao gồm tải trọng ở gốc cánh, góc xiên, tốc độ máy phát, mômen xoắn và mômen nghiêng của đùm trục.

Độ hở đầu có thể được ước lượng bằng cách giải các phương trình sau trong Mô hình TC 200.

$$Y_{TC} = x_1 + x_2 \cdot \theta + x_3 \cdot \omega + x_4 \cdot T + x_5 \cdot M_{bladeroot} + x_6 \cdot M_{SHtilt} + x_7 \cdot F_{thrust}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \theta_1 & \omega_1 & T_1 & M_{bladeroot_1} & M_{SHtilt_1} & F_{thrust_1} \\ 1 & \theta_2 & \omega_2 & T_2 & M_{bladeroot_2} & M_{SHtilt_2} & F_{thrust_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \theta_n & \omega_n & T_n & M_{bladeroot_n} & M_{SHtilt_n} & F_{thrust_n} \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_{TC_1} \\ Y_{TC_2} \\ \vdots \\ Y_{TC_n} \end{bmatrix}.$$

$$AX = Y$$

Y_{TC} là độ hở đầu. Đó là khoảng cách giữa đầu cánh và tháp khi cánh quay qua tháp. Độ hở đầu có thể là một số đo tương tự về khoảng cách giữa đầu cánh và tháp hoặc phần đứng yên.

Các giá trị vận hành là như sau: θ là góc xiên, ω là tốc độ máy phát, và T là mômen xoắn của máy phát.

$M_{bladeroot}$ là số đo mômen đập cánh của gốc cánh. M_{SHtilt} là số đo mômen nghiêng của đùm trục cố định. M_{SHtilt} có thể thu được như một sự kết hợp phi tuyến tính của 3 tải trọng đập cánh ở ba gốc cánh khác nhau.

F_{thrust} là lực đẩy của rôto. F_{thrust} có thể nhận được dưới dạng kết hợp tuyến tính của các tải trọng đập cánh ở ba gốc cánh khác nhau.

x_1 đến x_7 là các hằng số được xác định dựa trên dữ liệu hoạt động và được xác định bằng làm khớp hồi quy và giải tập phương trình, chẳng hạn.

Trong ví dụ, một mô hình hồi quy tiêu chuẩn được sử dụng để xác định các hằng số. Làm khớp bình phương nhỏ nhất đã tỏ ra là một giải pháp để ước tính đường cong được làm khớp.

Sau khi đã xác định các thông số X , thì khoảng hở mũi ước lượng có thể được xác định là:

$$Y' = AX$$

Do đó, giá trị ước lượng của độ hở đầu là làm khớp bình phương nhỏ nhất đối với giá trị thực của độ hở đầu Y .

Giá trị ước lượng Y' có thể được coi là giá trị thực Y với dung sai liên quan. Hơn nữa, giá trị ước lượng hoạt động tốt rất dễ thực hiện như một phương pháp hồi quy tuyến tính trong phần cứng.

M_{SHtilt} có thể là kết quả của một kết quả phi tuyến của ba giá trị $M_{bladeroot}$ khác nhau và được xác định như là:

$$M_{SHtilt} = \cos \varphi M_{br1} + \cos(\varphi + 2\pi/3) M_{br2} + \cos(\varphi + 4\pi/3) M_{br3}$$

F_{thrust} có thể nhận được dưới dạng kết hợp tuyến tính của các tải trọng đập cánh ở ba gốc cánh khác nhau.

$$F_{thrust} = (M_{br1} + M_{br2} + M_{br3})/3L$$

φ Là góc phương vị và L là chiều dài cánh

Do đó, các giá trị cảm biến tải trọng gốc cánh được sử dụng để ước lượng độ hở của đầu và để thực hiện điều khiển độ hở đầu.

Tham chiếu Fig.8, dữ liệu chuỗi thời gian được trích xuất từ tuabin gió khi một cánh quạt đi qua tháp trong các trường hợp tải thiết kế 1.x (DLC 1.x). Dữ liệu trung bình được lấy mẫu theo góc phương vị 180 ± 5 độ. Tổng số dữ liệu là n và thu được tập dữ liệu gốc. Việc điều chỉnh dữ liệu được thực hiện cho DLC1.2, DLC1.3, DLC1.4 và DLC1.5 để thay đổi phần trăm đóng góp DLC khác nhau vào các kết quả.

Trong các phương trình trên, dữ liệu được cung cấp trong ma trận A và phương pháp làm khớp bình phương nhỏ nhất có thể là thực hiện hồi quy tuyến tính. Tham số đóng góp là các kết quả của các hằng số trong vectơ X và chuẩn hóa của A . Đặc biệt, đã quan sát thấy mômen gốc cánh có mối tương quan cao nhất với độ hở đầu.

Tham số xác định được sử dụng để kiểm tra kết quả phù hợp trong DLC 1.x như trên Fig.8. Tập trung vào độ hở đầu được ước lượng dưới 10 m, sai số tái dựng là khoảng $\pm 0,5m$.

Các ví dụ dữ liệu được minh họa và việc lấy mẫu phương vị sẽ được xem xét dựa vào Fig.3. Tín hiệu độ hở đầu được ước lượng của mỗi cánh được xử lý thành một tín hiệu độ hở đầu đầu vào cung cấp cho bộ điều khiển. Do phần lấy mẫu, tín hiệu độ hở đầu rất rời rạc như được thấy trên Fig.4.

Khi cánh đi qua tháp, bộ điều khiển sẽ lấy mẫu độ hở đầu được ước lượng trong khoảng góc phương vị giữa 175–185 độ, chẳng hạn. Cứ mỗi góc phương vị 120 độ, sẽ có trạng thái “ổn định và giữ nguyên” trong góc phương vị 110 độ.

Theo cách tùy chọn có thể có bộ điều khiển, như bộ điều khiển PI với hai lựa chọn. Có tùy chọn thứ nhất trong đó vòng lặp điều khiển là điều khiển vòng lặp mở mà giữ độ hở đầu được ước lượng ở điểm thiết lập. Có lựa chọn thứ hai để giữ độ hở đầu được ước lượng ở giá trị đầu ra của hàm và sử dụng nó trong điều khiển vòng lặp đóng.

Kết quả thu được của môđun TCC là nâng hoặc tăng điểm thiết đặt IPC thấp hơn, điều này sẽ có tác động kết quả của IPC để nâng cao rôto.

Có bảng tra cứu động. IPC ban đầu được định cấu hình để giảm tải không đối xứng rôto bằng cách sử dụng phép biến đổi Coleman để xử lý mômen nghiêng của đùm trục và tín hiệu mômen lắc ngang của đùm trục. Bộ điều khiển PI có thể được cấu hình để tinh chỉnh hiệu ứng giảm tải trọng. Giảm tải trọng mỗi của đùm trục sẽ góp phần vào hoặc tích tụ hư hỏng ổ trục chỉnh độ xiên.

Bảng tra cứu động có thể cho thấy rằng chức năng IPC sẽ không chỉ mang lại lợi ích cho tải cực lớn.

Điều kiện bật và tắt là bảng tra cứu mà cũng là điểm thiết đặt điều khiển. Bảng tra cứu có giới hạn trên và giới hạn dưới.

Nếu giá trị mômen đùm trục được xử lý nằm ngoài phạm vi bảng tra cứu, chức năng IPC sẽ hoạt động để điều khiển mômen đùm trục đến giới hạn của bảng. Điều này sẽ làm giảm (đáng kể) hoạt động chỉnh độ xiên IPC không cần thiết, và do đó giảm hư hỏng ổ trục chỉnh độ xiên.

Bảng tra cứu là bảng hai chiều bao gồm tốc độ gió và giá trị mômen của đùm trục được hiệu chỉnh. Dữ liệu tốc độ gió đến từ bộ ước lượng gió bên trong bộ điều khiển và có thể có giá trị được xác định phụ thuộc vào sự đánh đổi giữa tải trọng mỗi của đùm trục và hư hỏng ổ trục chỉnh độ xiên.

Chức năng TCC chỉ thay đổi giới hạn dưới của điểm thiết đặt IPC để điều khiển trục uốn cong lên để tránh độ hở đầu cực hạn. Do đó, IPC thông thường và TCC sẽ không xung đột.

Do đó, cả hai mục tiêu là chia sẻ một bảng điểm thiết đặt IPC (IPC-SP) và cố gắng giữ tải đùm trục trong phạm vi bình thường đều đạt được.

Đối với dự đoán tải trọng và để cải thiện khả năng của IPC trong điều kiện cắt gió cực hạn và điều kiện thay đổi gió cực hạn, tốc độ thay đổi của tải trọng đùm trục cũng

có thể được xem xét và tính đến. Tốc độ thay đổi của tải đèn trực được lọc sẽ thay đổi bảng tra cứu IPC động. Nếu môđun phát hiện sự thay đổi nhanh chóng của tải trọng đèn trực, thì nó sẽ tăng giới hạn dưới của điểm thiết đặt IPC hoặc giảm điểm thiết đặt của giới hạn trên để dự đoán hành vi IPC.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) của máy phát điện tuabin gió (1) có rôto (4) với ít nhất một cánh (5) quay tương đối so với tháp (2) và với độ hở đầu (8) giữa đầu cánh (7) của ít nhất một cánh (5) và tháp (2); phương pháp này bao gồm các bước:

- đo (1100) trên máy phát điện tuabin gió (1) tập hợp các giá trị vận hành (110) và tập hợp các giá trị tải trọng của cánh (150);
- ước lượng (1200) độ hở đầu (210) giữa đầu cánh (7) và tháp (2) như là hàm của tập hợp các giá trị vận hành (110) và tập hợp các giá trị tải trọng cánh (150);
- tạo ra (1300) lệnh điều khiển (310) từ độ hở đầu được ước lượng (210).

2. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm 1, trong đó bước ước lượng (1200) độ hở đầu (8) bao gồm bước xác định.

$$Y_{TC} = x_1 + x_2 \cdot \theta + x_3 \cdot \omega + x_4 \cdot T + x_5 \cdot M_{bladeroot} + x_6 \cdot M_{SHtilt} + x_7 \cdot F_{thrust}.$$

3. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm 2, trong đó bước xác định độ hở đầu (1220) Y_{TC} (1230) bao gồm việc xác định M_{SHtilt} bởi bước làm khớp các $M_{bladeroot}$ khả dụng, chẳng hạn hai $M_{bladeroot}$ khác nhau cho máy phát điện tuabin gió (1) với ít nhất hai cánh, chẳng hạn ba $M_{bladeroot}$ khác nhau cho máy phát điện tuabin gió (1) với ít nhất ba cánh, v.v..

4. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm 2 hoặc 3, trong đó bước xác định độ hở đầu (1220)

$$Y_{TC} = x_1 + x_2 \cdot \theta + x_3 \cdot \omega + x_4 \cdot T + x_5 \cdot M_{bladeroot} + x_6 \cdot M_{SHtilt} + x_7 \cdot F_{thrust}$$

bao gồm việc giải phương trình

$$AX = Y$$

trong đó

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \theta_1 & \omega_1 & T_1 & M_{bladeroot_1} & M_{SHtilt_1} & F_{thrust_1} \\ 1 & \theta_2 & \omega_2 & T_2 & M_{bladeroot_2} & M_{SHtilt_2} & F_{thrust_2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \theta_n & \omega_n & T_n & M_{bladeroot_n} & M_{SHtilt_n} & F_{thrust_n} \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_{TC_1} \\ Y_{TC_2} \\ \vdots \\ Y_{TC_n} \end{bmatrix}.$$

bằng cách sử dụng tập hợp các giá trị vận hành được đo (110) và tập hợp các giá trị tải trọng của cánh được đo (150).

5. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bước tạo ra (1300) lệnh điều khiển (310) được thực hiện bởi:

- bước tạo ra lệnh thứ nhất (311) như là hàm của độ hở đầu được ước lượng (210) và độ hở đầu của điểm thiết đặt (215), trong đó lệnh thứ nhất (311) là lệnh mômen nghiêng của điểm thiết đặt, được theo sau bởi
- bước tạo ra lệnh thứ hai (312) như là hàm của lệnh thứ nhất (311) và mômen nghiêng của đùm trục được đo, mà lệnh thứ hai (312) là lệnh chỉnh độ xiên.

6. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bước tạo ra lệnh điều khiển (310) bao gồm bước sử dụng IPC (điều khiển độ xiên riêng lẻ) với bảng tra cứu động có giới hạn dưới và giới hạn trên và trong đó chỉ giới hạn dưới được thay đổi dưới dạng hàm của độ hở đầu được ước lượng (210).

7. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chuyển đổi lệnh điều khiển (310) thành các lệnh riêng biệt của cánh.

8. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tập hợp các giá trị tải trọng của cánh (150) đo được thu được dưới dạng phép đo từ một hoặc nhiều phương tiện đo giá trị của cánh (10) được chọn trong số:

- máy đo biến dạng cơ học;
- máy đo biến dạng sợi quang;
- thiết lập laze;
- thiết lập camera;
- kết hợp của chúng.

9. Phương pháp điều khiển độ hở đầu (TCC) (1000) theo điểm 8, trong đó tập hợp các giá trị tải trọng cánh đo được (150) thu được dưới dạng thiết lập máy đo biến dạng cơ học, trong đó thiết lập cơ học bao gồm thiết lập cầu Wheatstone và phương tiện để hiệu chuẩn.

10. Vật ghi đọc được bằng máy tính (400) bao gồm các chỉ lệnh mà, khi chương trình được chạy bởi máy tính, làm máy tính thực hiện các bước của phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9.

11. Hệ thống điều khiển máy phát điện tuabin gió (300) bao gồm các phương tiện để thực hiện các bước của phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9.

12. Máy phát điện tuabin gió (1) bao gồm hệ thống điều khiển (300) theo điểm 11.

13. Máy phát điện tuabin gió (1) theo điểm 12, trong đó các phương tiện để đo tập hợp các giá trị tải trọng của cánh (150) bao gồm cảm biến đo biến dạng (20) được lắp ở bên trong của bề mặt của gốc cánh (6).

14. Máy phát điện tuabin gió (1) theo điểm 13, trong đó cảm biến đo biến dạng (20) được cấu hình theo cấu hình cầu Wheatstone.

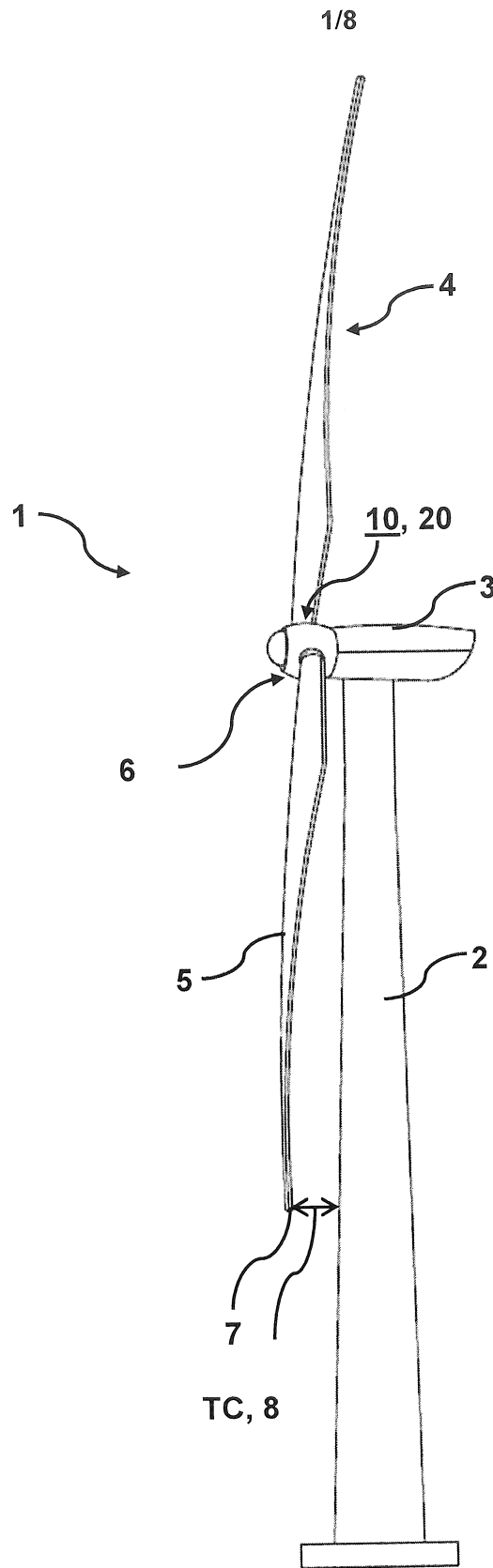


Fig. 1

2/8

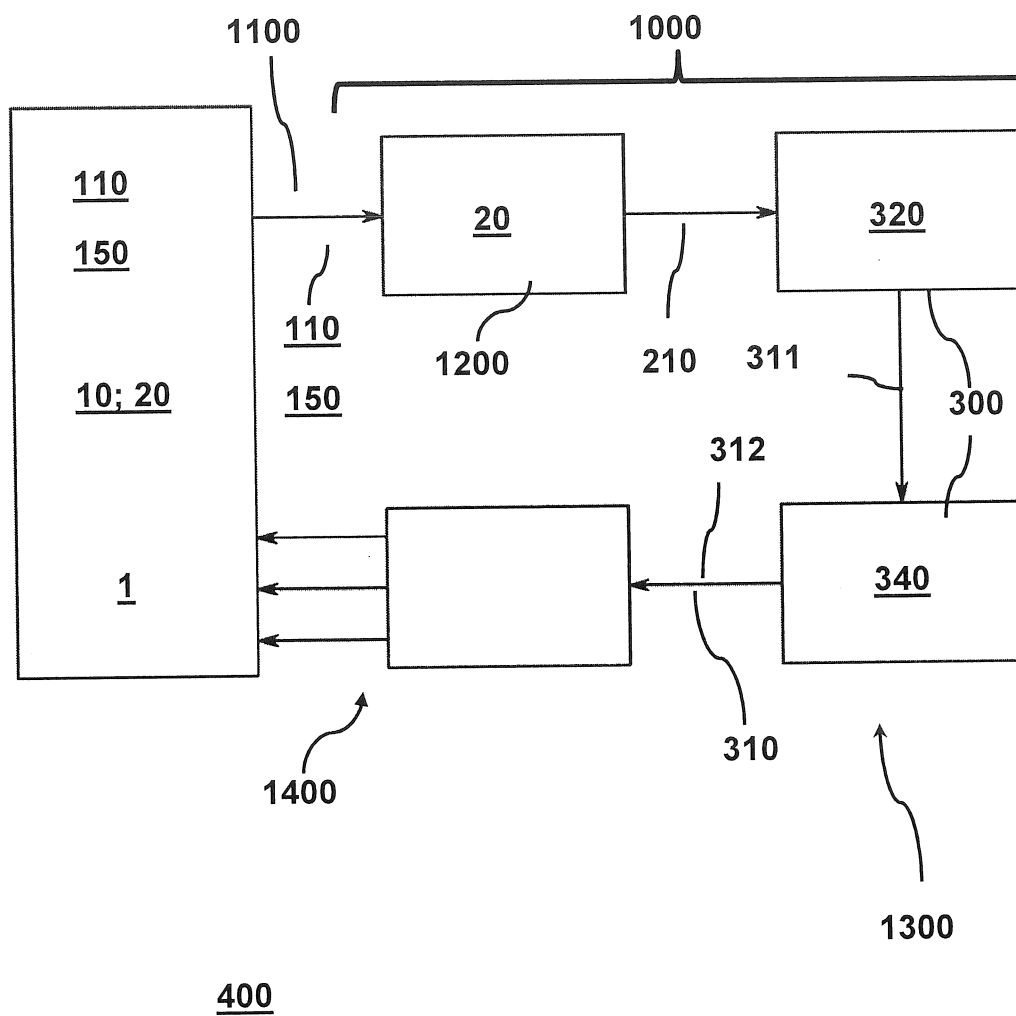


Fig. 2

3/8

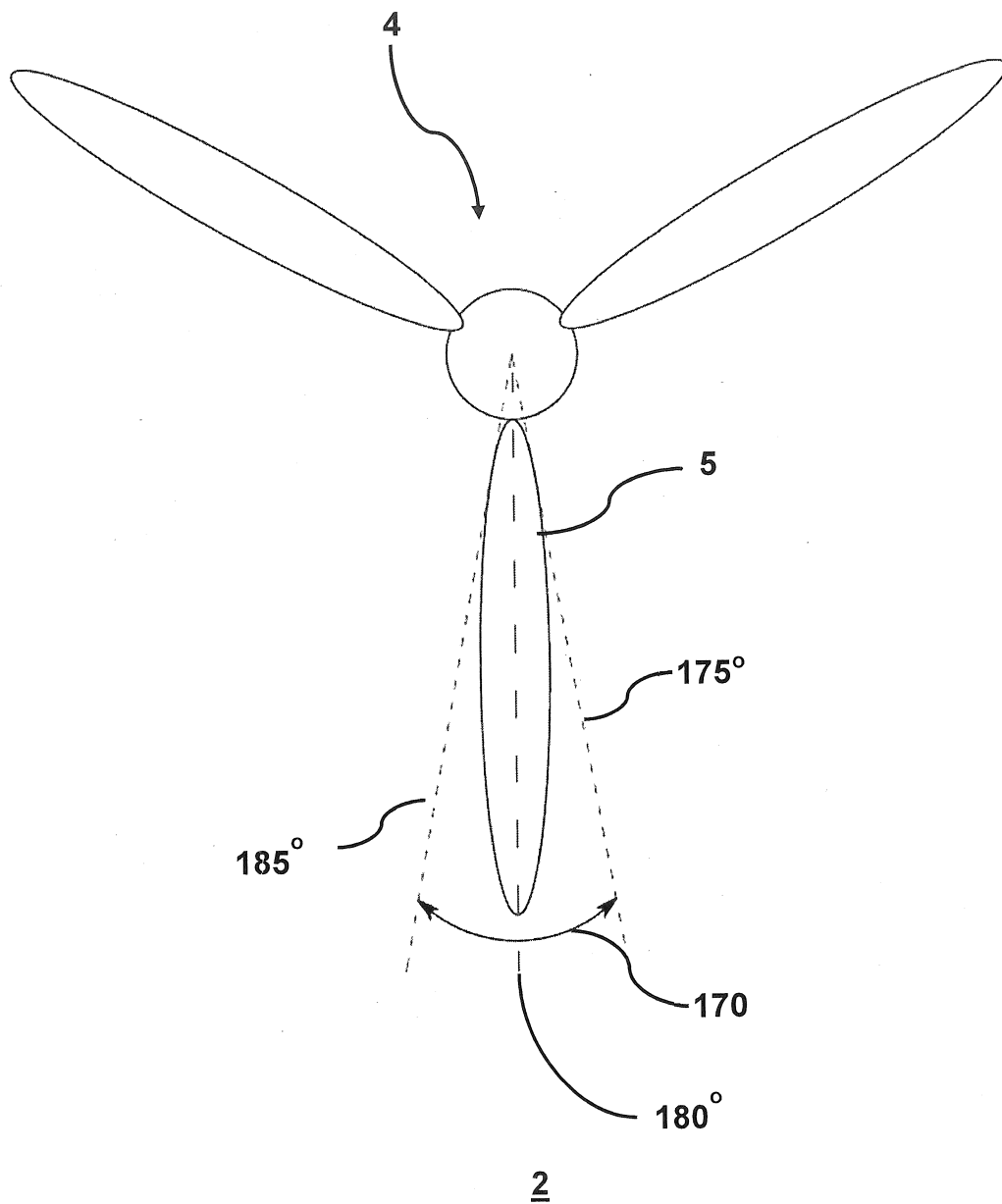


Fig. 3

4/8

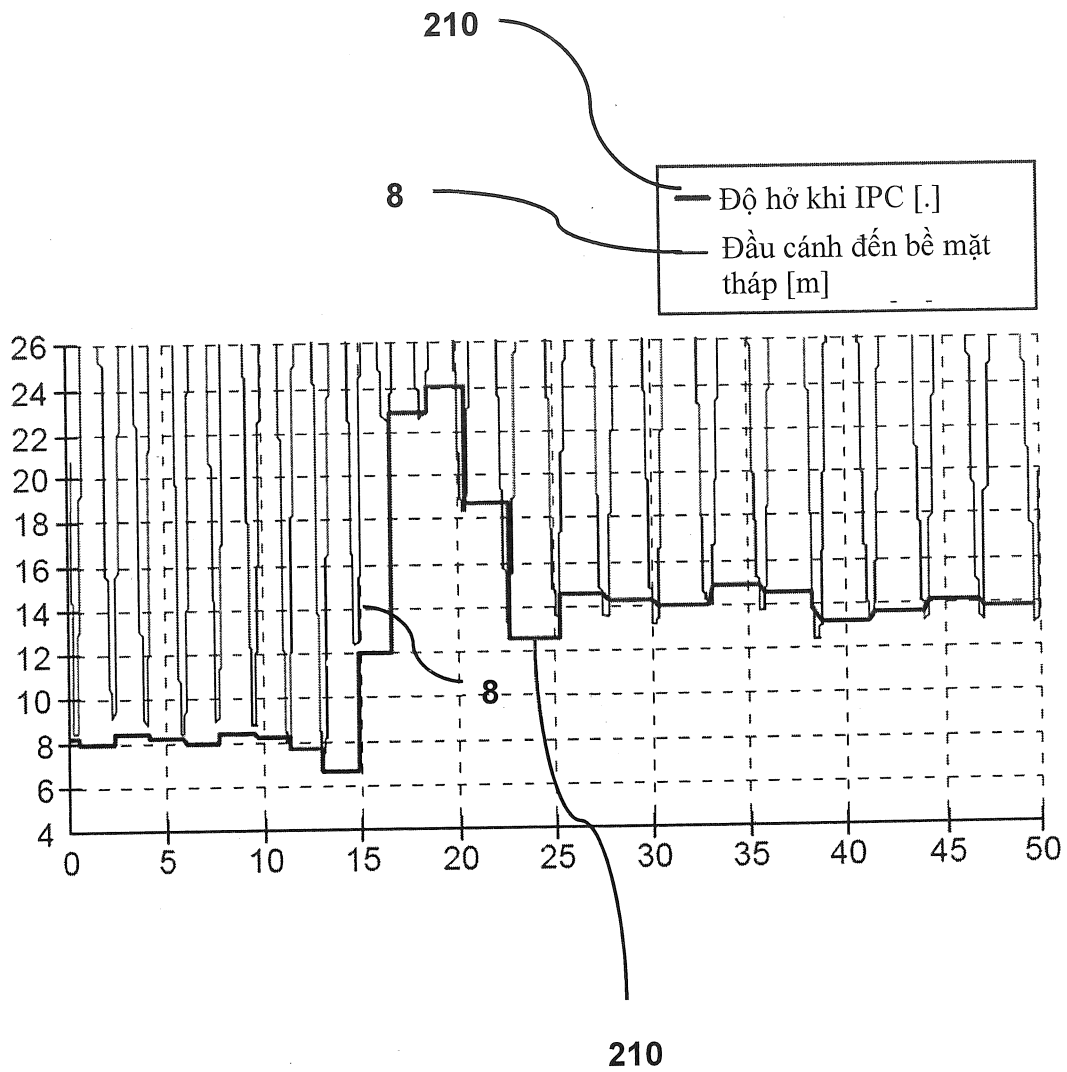


Fig. 4

5/8

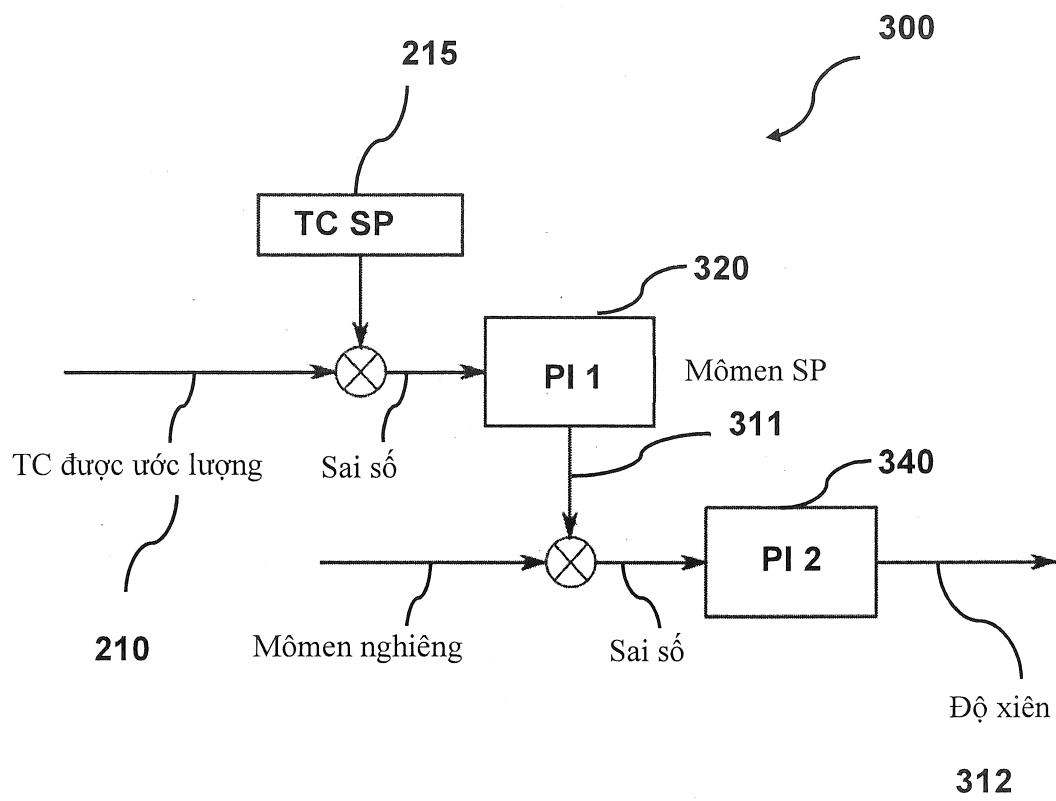


Fig. 5

6/8

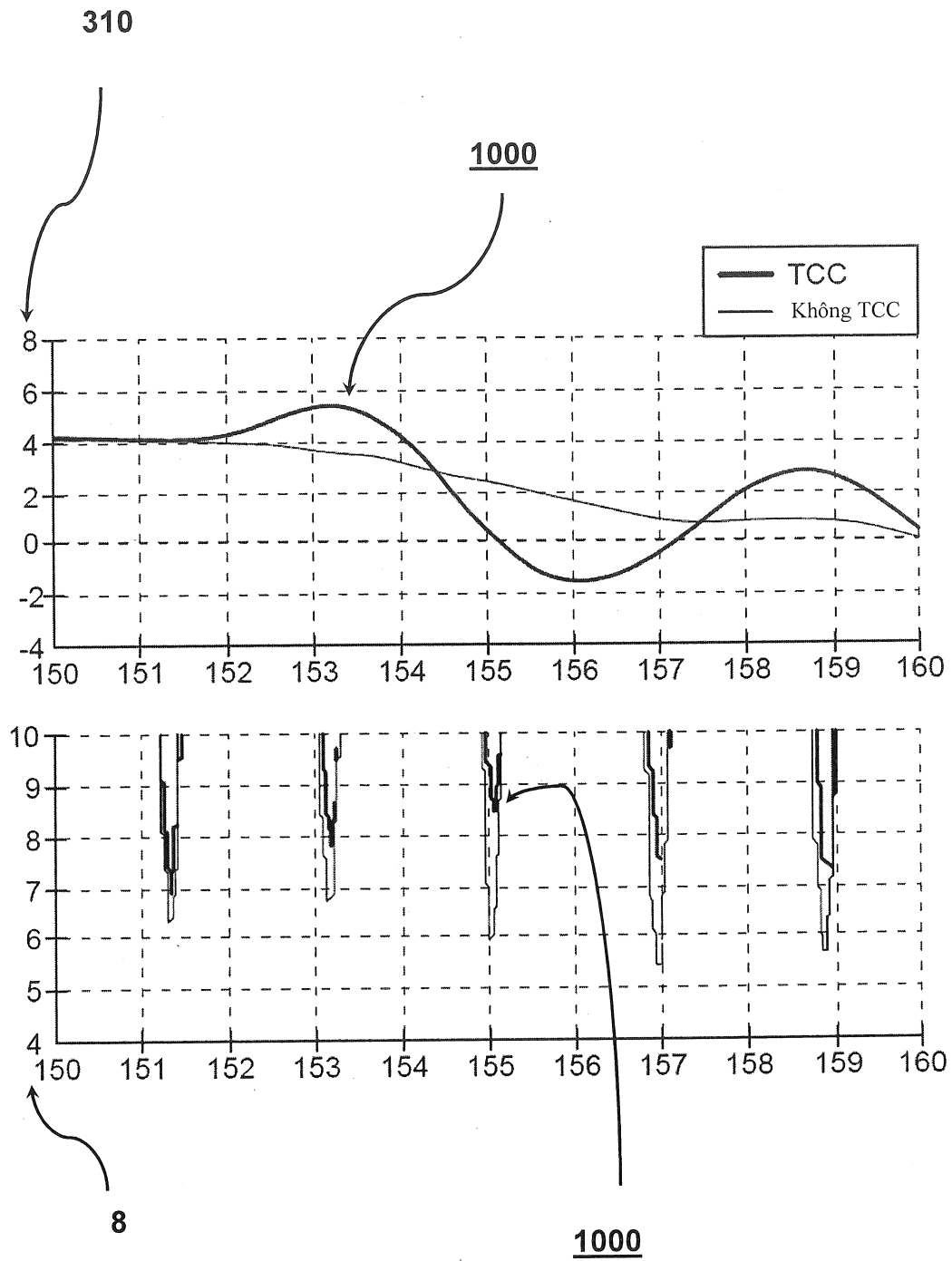


Fig. 6

7/8

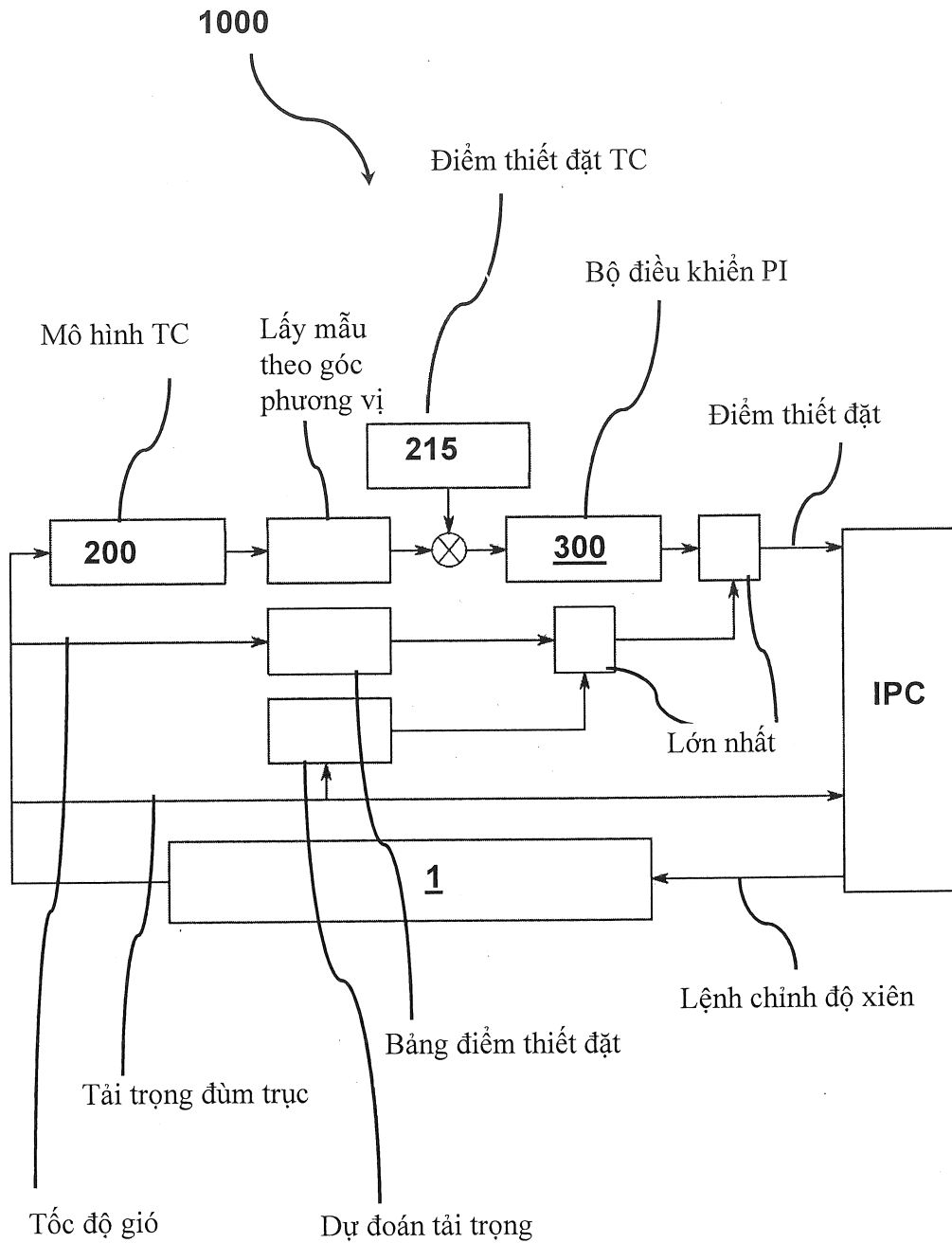
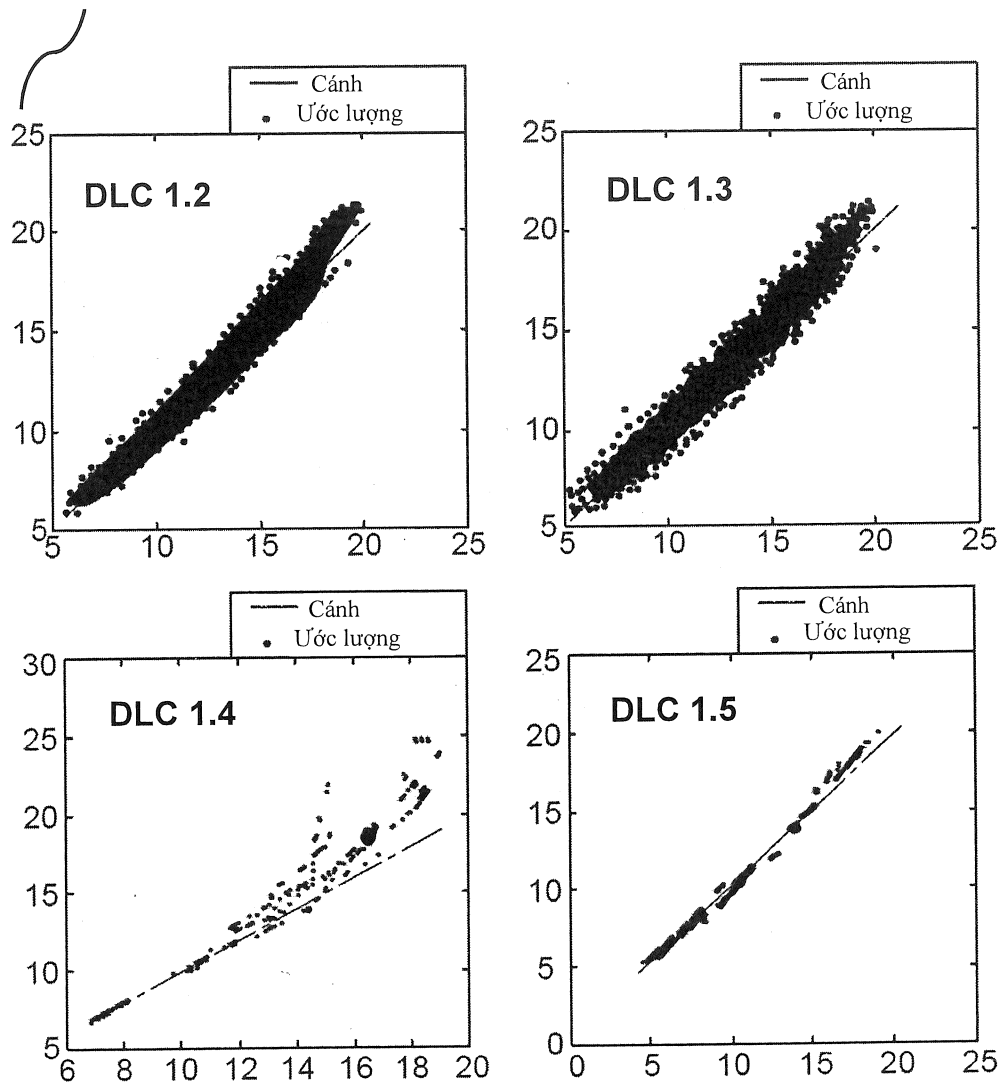


Fig. 7

8/8

Các giá trị được ước lượng [m]



Các giá trị thực [m]

Fig. 8