



(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)



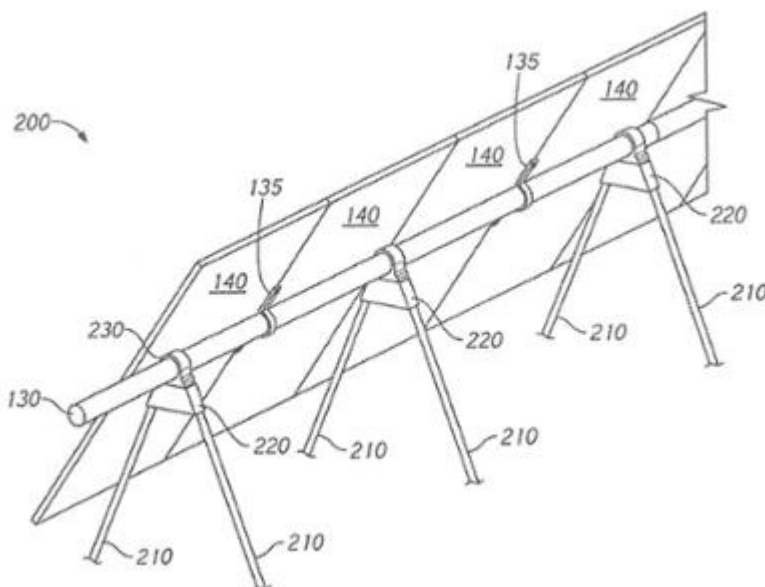
1-0042074

(51)^{2020.01} E04D 13/18; H02S 20/32; F24S 30/00; (13) B
F24S 30/425; F24S 25/13; F24S 25/617

(21) 1-2021-02441 (22) 03/09/2019
(86) PCT/US2019/049272 03/09/2019 (87) WO2020/076433 A1 16/04/2020
(30) 62/745,188 12/10/2018 US; 16/413,551 15/05/2019 US
(45) 25/12/2024 441 (43) 26/07/2021 400
(73) OJJO, INC. (US)
47 Mark Drive, San Rafael, California 94903, United States of America
(72) WEST, Jack (US); ALMY, Charles (US).
(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ VIPATCO (VIPATCO CO., LTD.)

(54) BỘ TIẾP HỢP, TỔ HỢP ĐỂ NỐI CÁC CHÂN CỦA MÓNG GIÀN KHUNG CHỮ A VÀ THIẾT BỊ THEO DÕI ĐƠN TRỰC

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống móng giàn khung chữ A cho thiết bị theo dõi đơn trực với phần chân dốc vừa phải để chuyển tải trọng ngang thành lực căng và lực nén mà không làm tăng đáng kể độ lớn của lực tải ngang trong khi tối ưu hóa việc sử dụng vật liệu. Các móng giàn như vậy được lắp đặt thành hàng để đỡ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) thuộc thiết bị theo dõi đơn trực dùng cho pin năng lượng mặt trời. Bộ tiếp hợp sẽ nối các đầu của các chân phía trên liền kề và tách các chân này bởi một góc từ hơn 35 độ đến 70 độ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến móng cho các thiết bị theo dõi đơn trục, mảng pin mặt trời hướng trục và các cấu trúc khác, cụ thể là đề cập đến bộ tiếp hợp, tổ hợp để nối chân móng giàn và thiết bị theo dõi đơn trục.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Năng lượng mặt trời là một trong những nguồn năng lượng tiềm năng lớn nhất trên Trái đất. Trong bầu khí quyển, bức xạ mặt trời trên một đơn vị diện tích là 1,361 ki-lô oát trên mét vuông. Ở mực nước biển (mặt biển), mật độ năng lượng sử dụng được giảm xuống còn 250 oát trên mét vuông. Sử dụng mô hình hai chiều để tính gần đúng cho Trái đất, là $250 \text{ w/m}^2 * \pi * 6.371.000 \text{ m}^2$ tạo ra khoảng 32.000 terra (nghìn tỷ) oát điện liên tục tấn công xuống bề mặt Trái đất. Giả sử mặt trời tiếp tục cháy và phát ra photon trong một tỷ năm nữa, thì sự tồn tại của cuộc sống con người cuối cùng phụ thuộc vào việc khai thác nguồn năng lượng sạch không giới hạn này.

Trở ngại chính đối với việc áp dụng năng lượng mặt trời với quy mô lớn cho đến nay chính là chi phí. Không giống như các nguồn năng lượng khác, chi phí năng lượng mặt trời tập trung vào giai đoạn đầu trong khi chi phí vận hành tương đối thấp. Các nguồn năng lượng dựa trên nhiên liệu hóa thạch đòi hỏi chi phí ban đầu cũng như chi phí phải trả khi tiêu thụ nhiên liệu. Thật không may, không phải tất cả các chi phí liên tục đều được phản ánh vào giá năng lượng tạo ra từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch. Các nguồn năng lượng “bản” này có chi phí ngoại ứng đáng kể bắt nguồn từ việc phát thải khí CO₂ mà nếu không có thuế cacbon, chi phí này không được phản ánh vào chi phí giá thành. Ngoài lợi thế về chi phí này, các công ty dịch vụ cố định và các nhà sản xuất nhiên liệu hóa thạch đã vận động hiệu quả để cản trở sự phát triển của năng lượng mặt trời, ngay cả ở những bang có tiềm năng năng lượng mặt trời lớn nhất.

Bất chấp những trở ngại này, chi phí năng lượng mặt trời hiện đã giảm xuống thấp đến mức ngay cả khi kết hợp với việc tích trữ năng lượng, điện từ năng lượng mặt trời vẫn tương đương hoặc ít tốn kém hơn so với điện năng được tạo ra từ than,

dầu và thậm chí là cả khí đốt tự nhiên. Trong bối cảnh thị trường điện, sự chênh lệch chi phí tương đối giữa các nguồn cạnh tranh được định lượng bằng chi phí trên một đơn vị, điển hình là một ki-lô-oát giờ (kWh). Các mảng năng lượng mặt trời cỡ lớn, còn được gọi là mảng “quy mô lớn”, có thể có công suất phát điện từ hàng chục đến hàng trăm mega oát, đưa đến quy mô tương đương với các nhà máy điện chạy bằng than và khí đốt tự nhiên cỡ nhỏ. Các mảng năng lượng mặt trời này tạo ra nguồn điện được hòa vào lưới điện và được bán với giá bán buôn theo đơn đặt hàng chỉ vài xen (cent) cho mỗi kWh.

Việc phát triển các dự án năng lượng mặt trời quy mô lớn thường được tài trợ dựa trên các thỏa thuận mua bán điện (PPA). Với Hợp đồng mua bán điện, đơn vị không tham gia (ví dụ, đơn vị dịch vụ, đơn vị vận hành lưới điện, v.v.) đồng ý mua tất cả điện năng do hệ thống tạo ra với tỷ lệ cố định dựa vào tuổi thọ hoạt động của mảng pin năng lượng mặt trời (ví dụ, 30 năm). Điều này cho phép ngân hàng hoặc nhà đầu tư khác định giá chính xác dòng doanh thu trong tương lai và cho vay tiền để tài trợ cho việc xây dựng mảng pin năng lượng mặt trời.

Các nhà máy điện mặt trời quy mô lớn chủ yếu được tạo cấu hình dưới dạng các mảng pin năng lượng mặt trời gắn nghiêng cố định trên mặt đất hoặc trên thiết bị theo dõi đơn trục. Các mảng pin này có độ nghiêng cố định được sắp xếp theo hướng Đông - Tây theo các hàng gồm các tấm panel, nghiêng về phía Nam một góc được xác định bởi vĩ độ của vị trí mảng pin năng lượng mặt trời cách xa xích đạo, càng dốc thì góc càng nghiêng. Ngược lại, các thiết bị theo dõi đơn trục được lắp đặt theo hướng Bắc - Nam với các tấm pin năng lượng mặt trời được gắn vào một trục quay được gọi là ống xoay (ống truyền mômen xoắn) để di chuyển các tấm pin từ hướng Đông sang hướng Tây trong suốt mỗi ngày, theo sự di chuyển của mặt trời qua bầu trời. Theo mục đích của sáng chế, cả thiết bị theo dõi trục nghiêng và trục đơn cố định đều được gọi chung là mảng pin năng lượng mặt trời hướng trục.

Không tính đến chi phí mua lại đất, chi phí tổng thể để xây dựng các mảng pin năng lượng mặt trời quy mô lớn bao gồm chuẩn bị mặt bằng (xây dựng đường, san lấp mặt bằng, kết nối lưới điện và nước, v.v.), nền móng, thiết bị theo dõi hoặc vật liệu sắt thép có độ nghiêng cố định, tấm pin mặt trời, bộ biến tần và kết nối điện (ống bọc dây điện, hệ thống dây điện, rãnh cáp, ghép nối lưới điện, v.v.). Nhiều chi phí trong số này đã giảm trong vài năm qua do sự đổi mới liên tục và quy mô kinh tế,

tuy nhiên, một lĩnh vực phần lớn bị bỏ qua là phần móng. Phần móng cung cấp một bề mặt trung gian có cấu trúc đồng nhất kết hợp hệ thống với mặt đất. Khi lắp đặt thiết bị theo dõi đơn trục thông thường, sau khi mặt bằng đã được chuẩn bị sẵn, các trụ móng thẳng đứng thường được đóng xuống đất theo những khoảng thời gian đều đặn do nhà sản xuất thiết bị theo dõi và/hoặc sơ đồ mặt bằng quy định, các bộ phận của hệ thống theo dõi sau đó được gắn vào đầu của các trụ móng này. Thông thường, các trụ đơn có biên dạng hình chữ H, nhưng chúng cũng có thể là hình chữ C hoặc thậm chí là dạng hình hộp. Với các mảng thiết bị theo dõi đơn trục quy mô lớn, thông thường, việc mua sắm và xây dựng phần móng có thể chiếm từ 5% - 10% tổng chi phí hệ thống. Mặc dù tỷ lệ tương đối nhỏ trong tổng chi phí, bất kỳ khoản tiết kiệm nào về thép và nhân công liên quan đến móng sẽ là một khoản tiền đáng kể trong danh mục lớn các dự án năng lượng mặt trời lớn. Ngoài ra, các giao dịch phát triển thiết bị theo dõi thường được chốt trong một năm hoặc hơn trước khi chi phí lắp đặt thực sự phát sinh, do đó, bất kỳ khoản tiết kiệm nào về phần móng sau giao dịch có thể được thực hiện sẽ được tính trên lợi nhuận đã được tính vào các tính toán hỗ trợ việc xây dựng dự án.

Một lý do khiến móng trụ đơn tiếp tục thống trị thị trường cho móng của thiết bị theo dõi đơn trục là sự đơn giản của chúng. Tương đối dễ dàng để đóng các cọc đơn xuống đất theo một đường thẳng với công nghệ hiện có ngay cả khi thiết kế chúng vốn đã rất lãng phí. Kích thước vật lý của một móng trụ bị cho là quá khổ vì các thành phần cấu trúc đơn lẻ không tốt trong việc chống lại lực uốn. Khi được sử dụng để đỡ thiết bị theo dõi đơn trục, lực lớn nhất trên móng không phải từ trọng lực của các bộ phận, mà là lực tổng hợp của gió tác động lên các tấm pin mặt trời. Lực ngang này được chuyển dịch vào móng dưới dạng mômen uốn. Độ lớn của mômen uốn lớn hơn nhiều so với tải trọng tĩnh do trọng lực của các tấm pin và các thiết bị theo dõi. Nó hoạt động giống như một tay đòn cố gắng uốn cong cột trụ, và tay đòn càng dài thì độ lớn của lực càng tăng. Nhiều công ty sản xuất thiết bị theo dõi chỉ định chiều cao nền móng tối thiểu là 40 in-xơ (khoảng 101,6 cm) trở lên. Do đó, trong lĩnh vực thiết bị theo dõi đơn trục, móng đơn trục phải có kích thước rất lớn và được đóng sâu xuống đất để chịu được tải trọng ngang.

Một giải pháp thay thế được đề xuất cho móng đơn trục là sử dụng một cặp chân có góc nghiêng để tạo thành khung chữ A hoặc móng kiểu giàn. Khung chữ A

có lợi thế trong việc chuyển đổi tải trọng ngang thành lực căng và lực nén dọc trục ở phần chân. Ví dụ điển hình như được thấy trong đơn xin cấp bằng độc quyền sáng chế của Hoa Kỳ số 2018/0051915 (sau đây được gọi tắt là “đơn 915”). “Đơn 915” có đề cập đến thiết bị đỡ các tấm pin năng lượng mặt trời mà có một cặp vít xoắn được đóng xuống đất hoặc là song song hoặc dốc theo góc với nhau và được nối ở trên mặt đất bằng cầu nối. Theo những gì được bộc lộ trong “đơn 915” nói trên, với các phương án đặt theo góc, các chân nghiêng về phía nhau với góc tốt hơn là từ 10 độ đến 35 độ, và tốt nhất là từ 15 độ đến 25 độ. Góc đó tách các chân ở đỉnh của khung chữ A và tương ứng với một góc của chân trong phạm vi từ $\pm 72,5$ độ đến ± 85 độ và tốt hơn là từ $\pm 78,5$ độ đến $\pm 82,5$ độ so với phương nằm ngang. Như được thảo luận chi tiết hơn ở đây, các góc dốc như vậy, trong khi vẫn có khả năng chuyển tải trọng ngang thành lực căng và lực nén, sẽ dẫn đến lực kéo và lực nén lớn hơn nhiều so với tải trọng ngang ở dưới mặt đất. Độ lớn của lực kéo và lực nén do tải trọng ngang tạo ra có mối quan hệ không tuyến tính (phi tuyến) với góc chân, một thực tế không được công nhận bởi “đơn 915”. Kết quả là, ở những góc dốc như vậy, chân phải rất lớn hoặc bao gồm các cấu kiện trực giao bổ sung để chống lại các lực căng và nén lớn được tạo ra. Nếu không, phần móng sẽ bị phá vỡ. Đây là một phần lý do tại sao khung chữ A sử dụng vít xoắn trên mặt đất không có được sức hút trong ngành công nghiệp năng lượng mặt trời quy mô lớn, ngoại trừ ở những vùng đất khó khăn nhất, nơi mà không còn cách lựa chọn nào khác.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để khắc phục các vấn đề này, sáng chế đề cập đến móng giàn hoặc móng khung chữ A cho các thiết bị theo dõi đơn trục bị giới hạn phạm vi góc làm giảm độ căng phi tuyến tính của lực kéo và lực nén truyền vào móng giàn từ tải trọng ngang và do đó tối ưu hóa lượng thép và độ sâu chôn xuống cần thiết cho mỗi chân có đường kính nhất định.

Các tác giả và người nộp đơn sáng chế này đã đề xuất một giải pháp thay thế cho các móng đơn thẳng đứng nhằm mục đích giảm đáng kể tổng lượng thép cần thiết để đỡ các mảng pin năng lượng mặt trời hướng trục. Hệ thống móng thay thế này, được gọi là EARTHTRUSS™ trong thương mại, hệ thống móng bao gồm một cặp chân có độ dốc vừa phải, được căn chỉnh về cơ bản giống như một khung chữ A hoặc khung giàn kéo dài bên trên và bên dưới mặt đất và được nối ở đỉnh bằng bộ

tiếp hợp, cụm ổ trục, hoặc chi tiết đỡ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) khác. Kiến trúc dạng giàn cung cấp một số lợi thế so với các móng đơn thông thường. Đầu tiên, nếu được thiết kế đúng cách, khung chữ A sẽ chuyển tải trọng ngang thành lực căng và lực nén dọc trục ở chân chứ không phải lực uốn. Các cấu kiện riêng lẻ có khả năng chống uốn kém nhưng chống lại lực dọc trục tương đối tốt. Khung hoặc giàn chữ A tận dụng lợi thế này bằng cách hướng các lực đó dọc theo trục của các chân nơi nó được áp vào tốt nhất. Do đó, kích thước và khối thép tạo nên chân có thể nhỏ hơn nhiều so với một ống đơn tương đương. Ngoài ra, không cần phải chống lại lực uốn, các chân này không cần phải chôn sâu như các cọc đơn thông thường. Điều này giúp tiết kiệm thép đồng thời làm giảm khả năng bị chối. Việc chối xảy ra khi các tác động bổ sung của máy đóng cọc không làm cho cọc lún sâu thêm. Thông thường, đây là kết quả của việc va phải đá hoặc đất xi măng và đòi hỏi một quy trình giảm thiểu tổn kém và tốn nhiều công sức. Các cọc càng được đóng nông thì càng ít có khả năng gặp phải đá hoặc đất xi măng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1A là hình vẽ thể hiện một phần hệ thống theo dõi đơn trục được đỡ bởi các móng đơn trục thông thường.

Fig.1B là hình vẽ thể hiện một đầu của hệ thống trên Fig.1A cho thấy phạm vi góc của các tấm pin năng lượng mặt trời khi ống xoay (ống truyền mômen xoắn) quay.

Fig.1C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho biết cách tải ngang được chuyển thành mômen uốn trong móng đơn trục thông thường trên Fig.1A.

Fig.2A là hình vẽ thể hiện một phần hệ thống theo dõi đơn trục được đỡ bởi một móng khung chữ A có độ nghiêng trung bình.

Fig.2B là hình vẽ thể hiện một đầu của hệ thống trên Fig.2A cho thấy phạm vi góc của các tấm pin năng lượng mặt trời khi ống xoay (ống truyền mômen xoắn) quay.

Fig.2C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy cách các tải ngang được chuyển thành lực nén và lực kéo trong móng khung chữ A có độ nghiêng trung bình trên Fig.2A.

Fig.3A là hình vẽ thể hiện một phần hệ thống theo dõi đơn trực được đỡ bởi móng khung chữ A có độ dốc thông thường.

Fig.3B là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy độ lớn của lực nén và lực kéo trong khung chữ A có độ dốc lớn trên Fig.3A ở góc 77,5 độ tương ứng với tải ngang 2.500 pao (khoảng 1.134 kg).

Fig.3C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy độ lớn của lực nén và lực kéo trong khung chữ A có độ dốc lớn trên Fig.3A ở góc 82,5 độ tương ứng với tải ngang 2.500 pao.

Fig.3D là hình vẽ thể hiện đồ thị lực kéo và lực nén cho toàn bộ phạm vi góc dốc đối với tải ngang 2.500 pao.

Fig.4A là hình vẽ thể hiện hệ thống móng khung chữ A có độ nghiêng trung bình theo các phương án của sáng chế.

Fig.4B là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy độ lớn của lực kéo và lực nén trên khung chữ A có độ dốc trung bình trên Fig.2A và Fig.2B ở góc ± 60 độ tương ứng với tải ngang 2.500 pao (pound).

Fig.4C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy độ lớn của lực kéo và lực nén trong khung chữ A có độ dốc trung bình trên Fig.2A và Fig.2B ở góc ± 65 độ tương ứng với tải ngang 2.500 pao (pound).

Fig.4D là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực kéo và lực nén trong phạm vi độ dốc trung bình và các góc dốc tương ứng với tải ngang 2.500 pao (pound).

Fig.5A là hình vẽ thể hiện biểu đồ cho thấy sự tương quan giữa góc giàn và chiều dài chân khung chữ A ở góc ± 60 độ.

Fig.5B là hình vẽ thể hiện biểu đồ cho thấy sự tương quan giữa góc giàn và chiều dài chân khung chữ A ở góc ± 70 độ.

Fig.5C là hình vẽ thể hiện biểu đồ cho thấy độ dài của chân so với góc chân giàn của các góc nhọn.

Fig.6A là hình vẽ phối cảnh một phần của thiết bị theo dõi đơn trực và móng khung chữ A theo các phương án của sáng chế.

Fig.6B là hình vẽ thể hiện một phần thiết bị theo dõi đơn trực và móng khung chữ A trên Fig.6A.

Fig.7A là hình vẽ phối cảnh thể hiện bộ tiếp hợp cho thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống hướng tải ngang tại điểm làm việc của móng giàn khung chữ A theo các phương án khác nhau của sáng chế.

Fig.7B là hình vẽ thể hiện một đầu của bộ tiếp hợp cho thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống trên Fig.7A đỡ thiết bị theo dõi đơn trục.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện một đầu của bộ tiếp hợp ở trục đỡ thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống theo các phương án khác nhau của sáng chế.

Fig.9 là hình vẽ một đầu của bộ tiếp hợp ở trục đỡ thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống theo các phương án khác nhau của sáng chế.

Fig.10 là hình vẽ một đầu của bộ tiếp hợp ở trục đỡ thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ dưới lên theo các phương án khác nhau của sáng chế.

Fig.11A là hình vẽ phối cảnh của thiết bị theo dõi đơn trục thông thường.

Fig.11B là hình vẽ nhìn từ trên xuống của thiết bị theo dõi đơn trục thông thường.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mô tả sau đây nhằm mục đích truyền đạt sự hiểu biết kỹ lưỡng về các phương án được mô tả bằng cách cung cấp một số phương án và chi tiết cụ thể liên quan đến móng khung chữ A được sử dụng để đỡ thiết bị theo dõi năng lượng mặt trời đơn trục. Tuy nhiên, cần đánh giá cao rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án và chi tiết cụ thể này, mà chỉ được chọn làm ví dụ. Cần hiểu rõ thêm là người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật dựa trên các hệ thống và phương pháp đã biết, sẽ đánh giá cao việc sử dụng sáng chế cho mục đích mong muốn.

Như đã đề cập ở phần “Tình trạng kỹ thuật của sáng chế”, khi thiết bị theo dõi đơn trục được đỡ bởi móng đơn trục, tải ngang do gió tác động vào mảng pin năng lượng mặt trời sẽ tạo ra mômen uốn lớn mà bị chống lại bởi móng. Fig.1A cho thấy một phần của thiết bị theo dõi đơn trục 100 được đỡ bởi các móng đơn trục thẳng hàng 100. Thiết bị theo dõi 100 trên hình vẽ này bao gồm các tấm pin mặt trời 140, được gắn vào ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 thông qua giá đỡ tấm pin mặt trời 135. Ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 được bắt bên trong các cụm ổ trục hình trụ thẳng hàng 120 mà được gắn trên đỉnh cọc hình chữ H tương ứng 110. Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, mỗi cọc cũng sẽ đỡ một động cơ dẫn động hoặc

cụm bánh răng dẫn động để dịch chuyển ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Ngoài ra, kết nối điện giữa các tấm pin mặt trời đã được cố ý bỏ qua. Trong điều kiện thực tế, các tấm pin mặt trời liền kề sẽ được nối nối tiếp để tạo thành các dòng điện một chiều (DC) điện áp cao mà được đưa vào một hoặc nhiều hộp tổ hợp và/hoặc bộ biến tần.

Thiết bị theo dõi đơn trục 100 trên Fig.1A là một thiết kế điển hình từ dưới lên trong đó cụm ổ trục được gắn trên đầu cọc và ống xoay (ống truyền mômen xoắn) quay trong ổ trục tròn quanh trục của chính nó. Các hệ thống theo dõi khác có thể sử dụng thiết kế từ trên xuống trong đó ống xoay (ống truyền mômen xoắn) được treo từ bản lề được tiếp nhận trong thân ổ trục để ống xoay (ống truyền mômen xoắn) có thể quét qua một vòng cung giống như con lắc. Trong các hệ thống như vậy, động cơ dẫn động được đặt lệch khỏi trục chính của ống xoay (ống truyền mômen xoắn) để trục quay của thiết bị theo dõi nằm quanh điểm bản lề. Thân ổ trục vẫn được gắn vào đầu của mỗi cọc, nhưng trục quay bị lệch khỏi trục chính của ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Một trong những thiết bị theo dõi kiểu từ trên xuống như vậy đã được bộc lộ, ví dụ, trong bằng sáng chế Hoa Kỳ số 10,222,446, theo đây được kết hợp toàn bộ bằng cách tham chiếu. Các phương án khác nhau của sáng chế tương thích với các thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ dưới lên cũng như kiểu từ trên xuống hoặc thiết bị theo dõi lệch trục.

Fig.1B là hình vẽ thể hiện một đầu của phần thiết bị theo dõi thông thường được thể hiện trên Fig.1A. Hình vẽ này cho thấy cọc móng 110, cụm ổ đỡ 120 và ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130. Việc quay ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 làm cho các tấm pin mặt trời 140 quét qua một loạt các góc từ Đông sang Tây được thể hiện bằng các đường chấm trên hình vẽ. Phạm vi góc xoay do nhà sản xuất thiết bị theo dõi chỉ định nhưng hiện tại là $\pm 55^\circ$ đến $\pm 60^\circ$ so với phương ngang (0°). Vì cọc là dạng thẳng đứng (nghĩa là hướng 90°), nên có nhiều khoảng hở để các tấm pin đạt được góc quay tối đa mà không bị ảnh hưởng về mặt cơ học bởi móng.

Fig.1C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực tác động của tải trọng ngang trên một thiết bị theo dõi như vậy. Tải trọng ngang F_L truyền mômen uốn lên móng tại điểm mà ống xoay (ống truyền mômen xoắn) được gắn vào cọc (ví dụ, tại cụm ổ đỡ). Độ lớn của mômen xoắn M tương đương với độ lớn của lực F_L nhân với độ cao H trên điểm

mà móng được ghim xuống đất. Nếu cọc nhô lên khoảng bốn phít (feet) so với mặt đất và tải trọng ngang là 2.500 pao (pound), thì mômen M tối thiểu sẽ là 2.500×4 hoặc 10.000 lb/ft (pao/phít). Điểm chốt thường sẽ nằm sâu hơn một phít (foot) dưới mặt đất vì lớp đất trên cùng tạo ít mômen cản nên hệ số an toàn của cọc phải tăng lên để tính đến thực tế đó. Do đó, để đạt được định mức kết cấu cần thiết, các cọc được sử dụng để đỡ mảng pin phải được đánh giá để chịu được mômen đó và được đóng đủ sâu để giữ cho nó được ghim vào đất khi chịu một lực tác động như vậy. Điều này đòi hỏi phải sử dụng một cọc đơn hình chữ H chắc chắn, chẳng hạn như cọc W6x9 hoặc W6x12, có bản dầm 6 in xơ (inch) và 9 hoặc 12 pao (pound) thép tương ứng trên mỗi chân thẳng, với độ sâu chôn xuống đất tối đa là từ 5 phít (feet) đến 7 phít (feet).

Tiếp theo với Fig.2A, đây là hình vẽ thể hiện một thiết bị theo dõi đơn trục giống như được thể hiện trên Fig.1A, ngoại trừ việc các móng đơn đã được thay thế bằng các móng khung chữ A hoặc móng giàn 200 được căn thẳng hàng. Mỗi móng giàn 200 bao gồm một cặp chân liền kề 210 được đóng xuống đất theo các góc với nhau sao cho về cơ bản chúng thẳng hàng với nhau. Theo các phương án khác nhau, chân giàn có thể được đặt đối xứng một góc (ví dụ, $\pm 60^\circ$) so với phương nằm ngang. Trong các trường hợp khác, có thể ở các góc khác nhau do sự khác nhau về độ dốc và địa hình và hướng lệch trong quá trình đóng cọc. Các bề mặt khác nhau có thể gây khó khăn cho việc đo các chân đối với độ dốc hoặc so sánh ngang. Do đó, trong toàn bộ bản mô tả này, các móng khung chữ A hoặc móng khung giàn được đặc trưng bởi góc trên cùng của chúng, mặc dù điều này ngụ ý về góc chân tương ứng.

Trong các phương án khác nhau, chân 210 có thể được đóng xuống đất bằng máy đóng cọc, xoay xuống đất bằng thiết bị đóng quay, được ép xuống đất hoặc được dẫn xuống đất bằng cách khác. Ngoài ra, chân 210 có thể bao gồm một chi tiết đơn lẻ hoặc gồm các chi tiết kết nối với nhau kéo dài dọc theo một trục chung. Các móng giàn 200 được lắp đặt dọc theo hàng hướng Bắc - Nam theo những khoảng thời gian đều đặn do nhà sản xuất thiết bị theo dõi chỉ định. Trong hệ thống ví dụ này, các đầu nối đất phía trên của mỗi chân 210 được nối bằng bộ tiếp hợp 220. Như được minh họa, cụm ổ trục 230 nằm trên đầu bộ tiếp hợp 220. Ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 đi xuyên trục giao qua mỗi cụm ổ trục 230. Cần đánh giá cao rằng theo các phương án khác, và như được thảo luận chi tiết hơn ở đây, cụm ổ trục và bộ tiếp hợp

có thể được kết hợp thành một cấu trúc duy nhất để giảm số lượng bộ phận, chi phí và các lý do khác.

Fig.2B là hình vẽ thể hiện một đầu của hệ thống theo dõi 200 trên Fig.2A. Như đã thấy trên hình vẽ, khe hở giữa các tấm pin và móng ít hơn so với trường hợp cọc đơn trên Fig.1A và Fig.1B bởi các chân góc 210. Nếu thiết bị theo dõi có thể hướng các tấm pin xuống hết $\pm 60^\circ$, thì các chân có thể phải cách nhau một góc đỉnh nhỏ hơn để tránh mắc vào nhau. Không có gì lạ khi góc của các tấm pin trên ống xoay (ống truyền mômen xoắn) thay đổi dọc theo chiều dài của nó tới 5 độ do dung sai uốn và dung sai chế tạo, vì vậy có thể cần thêm một miếng đệm 5 độ để tránh bị va chạm vào nhau.

Fig.2C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy tải trọng ngang được chuyển dịch như thế nào vào móng giàn hoặc móng khung chữ A. Như được thảo luận ở đây, kiến trúc giàn hướng các lực ngang dọc theo trục chính của từng bộ phận kết cấu thay vì cố gắng bẻ cong chúng. Nói chung, khả năng chịu tải của chân cột lớn hơn nhiều so với lực kéo và lực nén do tải trọng ngang tạo ra nên khả năng chịu tải không phải là yếu tố hạn chế. Thay vào đó, sự kết hợp ma sát bên ngoài giữa bề mặt chân và đất và lực chống lại từ các ren trục giao hoặc các cấu kiện dưới mặt đất khác sẽ kiểm soát khả năng chịu tải trọng ngang của giàn. Nếu được thiết kế phù hợp, trường hợp bị hỏng chủ yếu sẽ kéo chân hướng gió lên và nhấn chân khuất gió xuống. Như đã thấy trên Fig.2C, khi tải trọng ngang F_L tác động lên mảng pin, các lực được chuyển sang các chân giàn là lực căng T và lực nén C . Để giàn không bị hỏng, tổng tất cả các lực phải bằng không. Trong trường hợp này, điều đó có nghĩa là tổng các lực theo hướng của tải trọng ngang, ký hiệu là hướng X trên hình vẽ, phải bằng không. Hay nói cách khác, thành phần X của lực chống lại cung cấp bởi chân tới tải trọng ngang, được ký hiệu là $F_{T/C}$, phải tương đương với tải trọng ngang F_L . Giá trị thực của các lực này cũng sẽ bị tác động bởi tải trọng thẳng đứng từ trọng lượng của hệ thống theo dõi, lực này sẽ chống lại lực căng ở chân hướng gió và cộng thêm vào lực nén ở chân khuất gió, tuy nhiên, với mục đích so sánh góc mà tải trọng đã được bỏ qua. Thành phần X của lực chống lại $F_{T/C}$ tỷ lệ với cosin của góc chân giàn θ theo phương trình (1):

$$F_L = 2F_{T/C} \cos(\theta) \quad (1)$$

Do đó, lực chống lại cần thiết cho mỗi chân $F_{T/C}$ để đáp ứng với F_L bằng $\frac{F_L}{2 \cos(\theta)}$. Khi θ gần đến 90 độ, thì $\cos(\theta)$ sẽ tiến dần đến 0 và lực chống lại yêu cầu $F_{T/C}$ ở mỗi chân sẽ tiến đến vô cùng.

Như đã thảo luận ở phần “Tình trạng kỹ thuật của sáng chế” ở trên, “đơn 915” đã bộc lộ móng khung chữ A hoặc móng giàn được sử dụng để đỡ thiết bị theo dõi đơn trục. Fig.3A là hình vẽ thể hiện móng được mô tả trong “đơn 915”. Hệ thống 300 bao gồm một cặp chân góc 310, trong trường hợp này là vít nổi đất, được nổi trên mặt đất bằng một cầu nổi dạng hai mảnh kẹp xuống đầu mỗi chân. Một cụm ổ đỡ thông thường 330 được bắt vít vào cầu nổi để hoàn thiện việc lắp ráp. Sáng chế mô tả phạm vi của góc trên cùng α giữa mỗi chân tốt nhất là từ 10 độ đến 35 độ, và tốt hơn nữa là từ 15 độ đến 25 độ. Các phạm vi góc α tương ứng với các chân giàn được đặt nghiêng trong phạm vi từ $\pm 72,5$ độ đến ± 85 độ (cho rằng chúng đối xứng với phương ngang) và tốt hơn là các góc của chân giàn θ là $\pm 77,5$ độ đến $\pm 82,5$ độ. Fig.3B và Fig.3C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực cho thấy độ lớn của $F_{T/C}$ yêu cầu ở các góc chân dốc và góc đỉnh nhỏ tương ứng được đề cập trong “đơn 915” với tải trọng ngang 2.500 pao (pound). Bắt đầu với Fig.3B, góc α được chọn là 25 độ tương ứng với góc chân $\theta = 77,5$ độ, mức cao nhất của phạm vi ưu tiên cho α được chỉ định trong “đơn 915”. Lực chống lại cần thiết ở mỗi chân $F_{T/C}$ bằng 5.775 pao (pound) hoặc $2.500/2 \cdot \cos(77,5)$. Mặc dù vẫn còn dưới khả năng chịu lực của chân, điều này dẫn đến việc tăng đáng kể lực dọc trục để chống lại ma sát ngoài và các ren trục giao. Trên Fig.3C, góc đỉnh α được đặt là 15 độ, tương ứng với góc chân θ là $\pm 82,5$ độ, mức dưới của phạm vi ưu tiên cho góc α của “đơn 915”. Ở góc này, giả sử cùng một tải trọng ngang 2.500 pao (pound), thì $F_{T/C}$ tăng lên đến 9.576 pao (pound) hoặc $2.500/2 \cdot \cos(82,5)$, tăng gần gấp bốn lần. Bảng 1 dưới đây cho thấy lực chống lại cần thiết ở mỗi chân ($F_{T/C}$) cho toàn bộ phạm vi góc được đề xuất trong “đơn 915”. Fig.3D là hình vẽ thể hiện đồ thị cho cùng dữ liệu. Cột đầu tiên của Bảng 1 là góc chân giàn θ và nằm trong khoảng từ 72,5 độ đến 82,5 độ theo gia số nửa độ. Cột thứ hai là góc trên cùng α giữa các chân khi chúng được nối với nhau ở đỉnh cho mỗi góc chân nhất định và thay đổi theo gia số 1 độ. Cột thứ ba là kết quả của lực kéo và lực nén $F_{T/C}$ phải được tạo ra để chống lại tải trọng ngang 2.500 pao (pound).

Bảng 1. Lực chống lại đối với phạm vi góc trong “đơn 915”

Góc θ	Góc α	Lực $F_{T/C}$ (pao)/(lbs)
72,5	35	4.157
73	34	4.275
73.5	33	4.401
74	32	4.535
74.5	31	4.677
75	30	4.830
75.5	29	4.992
76	28	5.167
76.5	27	5.355
77	26	5.557
77.5	25	5.775
78	24	6.012
78.5	23	6.270
79	22	6.551
79.5	21	6.859
80	20	7.198
80.5	19	7.574
81	18	7.991
81.5	17	8.457
82	16	8.982
82.5	15	9.577

Như được thể hiện trên Bảng 1 và đồ thị trên Fig.3D, kết quả là lực tăng theo kiểu phi tuyến tính trong phạm vi góc α được đề xuất trong “đơn 915”, phù nhận lợi

ích của việc sử dụng móng khung chữ A hoặc móng giàn. Để chống lại lực kéo và lực nén lớn ở các góc đỉnh nông này (góc chân dốc), các cấu kiện giàn phải được xây dựng hoàn chỉnh, được đóng xuống sâu và/hoặc bao gồm các cơ cấu trực giao bổ sung. Điều này sẽ làm mất đi những lợi thế có được để thay thế trụ đơn bởi khung chữ A bằng cách làm cho chúng tương đối đắt hơn. Mặc dù không được nêu rõ, sự va chạm của môđun với các chân có thể là một lý do giải thích cho phạm vi góc được khuyến nghị trong “đơn 915”.

Chuyển sang Fig.4A, hình vẽ này cho thấy móng giàn 200 cho thiết bị theo dõi đơn trục theo các phương án ví dụ khác nhau của sáng chế. Giàn được trình bày ở đây bao gồm các chân liên kế 210 được đóng vào đất về cơ bản được căn thẳng với nhau và dọc theo ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Ý nghĩa của điều này là nếu các chân không được căn thẳng đáng kể, tức là các trục tương ứng của chúng không mở rộng về cùng một vị trí trên ống xoay (ống truyền mômen xoắn), thì tải trọng ngang sẽ tạo ra mômen xoắn xuống móng cộng với lực căng và lực nén. Mômen xoắn này sẽ yêu cầu gia cố thêm phần kết cấu trên đỉnh để chịu được các lực xoắn này.

Điều này được thấy trong tài liệu kỹ thuật trước đây, ví dụ, trong Bảng sáng chế số 9,207,000 của Hoa Kỳ (sau đây gọi là “sáng chế số 000”). Fig.11A và Fig.11B, thể hiện lại “sáng chế số 000”. Thiết bị theo dõi 350 có móng khung chữ A với chân 355A/355B đỡ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 370. Cụm ổ đỡ bao gồm các ổ đỡ 360A/360B tương ứng được hàn vào đầu mỗi chân 355A/355B để biến chúng thành cấu trúc đồng nhất. Các ổ đỡ được lồng cái nọ trong cái kia dọc theo ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 370 dẫn đến hình dạng bù đắp như được thấy trên hình chiếu từ trên xuống trên Fig.11B. Bởi vì chân 355A/355B bị lệch nhau, về cơ bản không được căn thẳng so với ống xoay (ống truyền mômen xoắn), hoặc đối xứng với nhau, tải trọng ngang sẽ có xu hướng xoắn chân, ổ trục và ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Thiết bị theo dõi 350 khắc phục việc này bằng cách lồng một ổ trục này vào trong ổ trục kia, tuy nhiên, điều này đòi hỏi phần kim loại ở ổ trục phải dày gấp đôi và các chân phải dày hơn và/hoặc nặng hơn mức cần thiết nếu không muốn mômen xoắn được tạo ra.

Trở lại với hệ thống trên Fig.4A, trong hệ thống này, chân 210 được nối ở trên đỉnh bởi bộ tiếp hợp 220 để chúng được căn chỉnh thẳng với nhau và với ống xoay

(ống truyền mômen xoắn). Cụm ổ đỡ 230 nằm trên đầu bộ tiếp hợp 220. Do sự thẳng hàng của các chân, tải trọng ngang sẽ chỉ tạo ra lực dọc trục và không tạo ra mômen xoắn. Ngoài ra, ngược với chân giàn 300 trên Fig.3A, chân giàn 200 trên hình vẽ này được tối ưu hóa ở một góc để giới hạn đáng kể lực kéo và lực nén, trong trường hợp này là góc đỉnh $\alpha = 60$ độ và góc chân $\theta = 60$ độ. Ảnh hưởng mạnh mẽ của việc này được thể hiện trong biểu đồ lực trên Fig.4B. Giả sử cùng một tải trọng ngang 2.500 pao (pound) như trong biểu đồ lực trên Fig.3B và Fig.3C, lực $F_{T/C}$ ở mỗi chân giảm xuống còn 2.500 pao (pound) ở góc 60 độ, hoặc $2.500/2*\cos(60)$, giảm 57% so với góc đỉnh là 25 độ (tương ứng với góc chân giàn là 77,5 độ) trên Fig.3B và giảm đáng kinh ngạc 74% so với góc đỉnh là 15 độ (tương ứng với góc chân giàn là 82,5 độ) trên Fig.3C.

Fig.4C là hình vẽ thể hiện biểu đồ lực lặp lại phân tích trên Fig.4B với góc đỉnh là 30 độ (tương ứng với góc chân giàn là 70 độ). Giả sử cùng tải trọng ngang 2.500 pao (pound), với các chân hướng 70 độ, giá trị của lực chống lại yêu cầu ở mỗi chân ($F_{T/C}$) tăng lên đến 3.654 pao (pound), hoặc $2.500/2*\cos(70)$, giảm 37% so với góc đỉnh là 25 độ (tương ứng với góc giàn là 77,5 độ) trên Fig.3B và giảm 62% so với góc đỉnh là 15 độ (tương ứng với góc chân giàn là 82,5 độ) được thể hiện trên Fig.3C. Bảng 2 dưới đây cho thấy lực chống lại cần thiết ở mỗi chân ($F_{T/C}$) cho toàn bộ phạm vi góc do các tác giả sáng chế đề xuất. Fig.4D là hình vẽ thể hiện biểu đồ dữ liệu trong Bảng 2 cũng như dữ liệu trong Bảng 1. Cột đầu tiên là góc của chân giàn θ và nằm trong khoảng từ 55 độ đến 72,5 độ theo gia số nửa độ. Cột thứ hai là góc đỉnh hoặc góc trên cùng α giữa các chân và cột thứ ba là kết quả của lực kéo và lực nén $F_{T/C}$ cần được tạo ra để chống lại tải trọng ngang 2.500 pao (pound).

Bảng 2. Lực chống lại cho phạm vi góc theo các phương án của sáng chế.

Góc θ	Góc α	Lực $F_{T/C}$ (pao)/(lbs.)
55	70	2.179
55.5	69	2.207
56	68	2.235
56.5	67	2.265

57	66	2.295
57.5	65	2.326
58	64	2.359
58.5	63	2.392
59	62	2.427
59.5	61	2.463
60	60	2.500
60.5	59	2.538
61	58	2.578
61.5	57	2.620
62	56	2.663
62.5	55	2.707
63	54	2.753
63.5	53	2.801
64	52	2.851
64.5	51	2.904
65	50	2.958
65.5	49	3.014
66	48	3.073
66.5	47	3.135
67	46	3.199
67.5	45	3.266
68	44	3.337
68.5	43	3.411

69	42	3.488
69.5	41	3.569
70	40	3.655
70.5	39	3.745
71	38	3.839
71.5	37	3.939
72	36	4.045
72.5	35	4.157

Bảng 2 và đồ thị kết hợp tương ứng trên Fig.4D cho thấy kết quả là lực chống lại tăng theo kiểu phi tuyến tính. Phạm vi góc được đề xuất trong “đơn 915” làm tăng đáng kể các lực chống lại cần thiết, phủ nhận những lợi ích của việc sử dụng móng khung chữ A hoặc móng giàn. Đường nằm ngang được vẽ ở mức 4.000 pao (pound) trên Fig.4D cho thấy phạm vi góc chân cần thiết để giới hạn $F_{T/C}$ ở mức 4.000 pao (pound) trở xuống. Để giữ ở mức dưới 4.000 pao (pound), thì góc chân giàn θ phải dưới 72,5 độ và góc đỉnh α phải trên 35 độ. Đối với các góc đỉnh nhỏ hơn, hoặc góc chân giàn lớn hơn, thì lực kéo và lực nén bắt đầu tăng mạnh, điều này có tác động đáng kể đến chi phí thiết kế móng giàn. Do đó, phạm vi góc đỉnh được ưu tiên là từ 35 độ đến 70 độ tương ứng với góc chân nhỏ hơn 72,5 độ. Góc đỉnh lý tưởng là lớn hơn 49 độ tương ứng với góc chân giàn nhỏ hơn 65,5 độ. Các góc trong phạm vi này sẽ giữ cho lực ở dưới 3.000 pao (pound).

Một cân nhắc khác trong việc lựa chọn góc là việc sử dụng vật liệu. Đối với độ sâu chôn xuống đất cố định, các góc dốc hơn sẽ cần ít vật liệu hơn. Chuyển sang Fig.5A và Fig.5B, các hình vẽ này thể hiện hai tình huống tìm cách đạt được chiều cao đỉnh 4 phút (foot), được thể hiện là H trên hình và 3 phút (foot) chôn sâu xuống đất đối với mỗi chân giàn. Bằng cách thiết lập cạnh đối diện của tam giác giàn là 4, chiều cao mong muốn của đỉnh so với mặt đất, cạnh huyền (L_2) có thể được giải bằng cách sử dụng phương trình (2):

$$L_2 = 4/\sin(\theta) \quad (2)$$

Đối với giả định góc đỉnh và chân giàn là 60 độ như trên Fig.5A, điều này dẫn đến giá trị của L_2 là 4,62 phít (feet). Thêm 3 phít (feet) cho chiều dài chôn xuống móng muốn, yêu cầu chân dài 7,62 phít (feet) hoặc xấp xỉ 1.935 mm đối với chân giàn là 60 độ. Trên Fig.5B, góc đỉnh giảm xuống 40 độ và góc chân giàn tăng lên 70 độ. Trong trường hợp này, L_2 giảm xuống còn 4,26 phít (feet), $4/\sin(70)$, dẫn đến chiều dài chân cần thiết là 7,26 phít (feet) hoặc 1.844 mm. Do đó, ở giữa hai góc, góc dốc hơn cho phép sử dụng chân ngắn hơn, giảm được lượng thép yêu cầu. Tuy nhiên, với các lực chống lại cần thiết, tỷ lệ thay đổi chiều dài của chân với việc giảm góc là không tuyến tính và như đã lưu ý ở trên, góc chân dốc hơn (góc đỉnh hẹp hơn) có thể yêu cầu chiều dài chôn xuống đất lớn hơn đối với mỗi chân do lực $F_{T/C}$ tăng theo cấp số nhân. Bảng 3 dưới đây cho thấy chiều dài chân đối với các góc chân và đỉnh khác nhau, giả sử chiều cao đỉnh là 4 phít (feet) và chiều dài chôn xuống đất là 3 phít (feet).

Bảng 3. Độ dài chân là hàm của góc giàn.

Góc α	Góc θ	Độ dài chân (phít)/(feet)
170	5	48,89
160	10	26,04
150	15	18,45
140	20	14,70
130	25	12,46
120	30	11,00
110	35	9,97
100	40	9,22
90	45	8,66
80	50	8,22
70	55	7,88
60	60	7,62
50	65	7,41

40	70	7,26
30	75	7,14
20	80	7,06
10	85	7,02
0	90	7,00

Khi góc chân tăng lên và góc đỉnh giảm xuống, thì chiều dài chân giảm xuống mức nhỏ nhất, đoạn thẳng dài 7 phút (feet) chỗ mà giàn trở thành một cọc đơn. Khi góc chân giảm xuống và góc đỉnh tăng lên, thì chiều dài chân bắt đầu tăng một chút và sau đó tăng nhanh ở các góc dưới 40 độ. Đối với gần như tất cả các góc chân trên 40 độ (góc đỉnh dưới 100 độ), có tương đối ít phương sai theo chiều dài, ≈ 2 phút (feet) hoặc 29% so với mức tối thiểu là 7 phút (feet). Đối với góc chân lớn hơn 55 độ, góc đỉnh từ 70 độ trở xuống, thì phương sai nhỏ hơn 1 phút (foot) hoặc dài hơn 14% so với mức tối thiểu. Do đó, từ góc độ sử dụng vật liệu thì nên chọn góc ít nhất là 40 độ và tốt hơn là 55 độ hoặc lớn hơn, tương ứng với góc đỉnh nhỏ hơn 100 độ và lý tưởng là nhỏ hơn 70 độ.

Tổng hợp lại, thông tin trên Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3 và Fig.3D, Fig.4D và Fig.5D cho thấy rằng có các phạm vi tối ưu cho góc α và góc θ cân bằng giữa các mục tiêu cạnh tranh là giảm thiểu lực $F_{T/C}$ với giảm thiểu việc sử dụng vật liệu. Ở điểm đầu tiên, góc đỉnh α tốt hơn là từ hơn 35 độ đến 70 độ, trong khi phạm vi lý tưởng là từ 55 độ đến 60 độ, tương ứng với góc chân giàn θ tốt hơn là từ 55 đến dưới 72,5 độ, với phạm vi lý tưởng là từ 60 độ đến 65 độ. Từ quan điểm sử dụng vật liệu, bất kỳ góc α nào dưới 100 độ hoặc góc θ trên 40 độ đều được chấp nhận, nhưng các góc α dưới 70 độ và góc θ trên 55 độ được ưu tiên hơn. Các phạm vi này trùng với phạm vi tối ưu của góc đỉnh α và góc chân giàn θ để giảm thiểu lực $F_{T/C}$.

Tham khảo các hình vẽ Fig.6A và Fig.6B, các hình vẽ này cho thấy một dây thiết bị theo dõi đơn trục và móng khung chữ A cho dây thiết bị theo dõi đơn trục hoặc mảng pin năng lượng mặt trời hướng trục khác theo các phương án khác nhau của sáng chế. Như đã thảo luận ở trên trong bối cảnh của Fig.2A và Fig.2B, một nhược điểm tiềm ẩn của móng khung chữ A so với cọc chữ H thông thường là khi

ống xoay (ống truyền mômen xoắn) quay các tấm pin tạo thành các góc dốc (lớn hơn ± 50 độ), chân của khung chữ A có thể làm vướng các tấm pin này. Điều này có thể yêu cầu sử dụng góc đỉnh nhỏ hơn hoặc góc chân dốc hơn cho khung chữ A, như được bộc lộ trong “đơn 915”, nhưng điều này không tối ưu do giá trị lực $F_{T/C}$ tăng nhanh và không tuyến tính. Một kỹ thuật giảm thiểu khác là giới hạn phạm vi chuyển động của thiết bị theo dõi, nhưng điều này cũng không thể thực hiện được vì nó loại bỏ khả năng thu được cái gọi là “sức mạnh đôi vai” có được vào đầu và cuối mỗi ngày, khi mặt trời mọc từ hoặc thiết lập về phía chân trời. Các nhà sản xuất thiết bị theo dõi thiết kế hệ thống của họ để thu được “sức mạnh đôi vai” và quảng cáo tính năng này, do đó, việc hạn chế quay của thiết bị theo dõi là không thực tế từ góc độ kinh doanh.

Các tác giả đã đề xuất một giải pháp khắc phục vấn đề này mà không giới hạn phạm vi quay của ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Giải pháp là tạo ra một khoảng trống tại mỗi điểm trên ống xoay (ống truyền mômen xoắn) phía trên một trong các móng khung chữ A (ví dụ, tại các vị trí ổ đỡ ống xoay (ống truyền mômen xoắn)). Bởi vì các chân của mỗi giàn về cơ bản xác định một mặt phẳng hướng Đông - Tây, khoảng cách cần thiết sẽ lớn hơn một chút so với đường kính ngoài của chính các chân hoặc độ dày của cụm ổ đỡ. Bằng cách này, ống xoay (ống truyền mômen xoắn) có thể quay được đủ các góc (lên đến và xa hơn góc chân) và chỉ bị giới hạn bởi chiều dài của dây chùng nối các môđun với các thành phần cố định. Như đã thấy, trên Fig.6B, với chân giàn 60 độ và các góc đỉnh, ống xoay (ống truyền mômen xoắn) có thể xoay các tấm pin theo hướng đến 70 độ hoặc thậm chí dốc hơn mà không bị vướng vào bộ phận khác.

Các hình vẽ Fig.7A, Fig.7B, Fig.8, Fig.9 và Fig.10 cho thấy các bộ tiếp hợp giàn và bộ tiếp hợp ổ trục khác nhau phân tách các chân theo góc đỉnh trong phạm vi mong muốn từ hơn 35 độ đến 70 độ theo các phương án khác nhau của sáng chế. Bắt đầu với Fig.7A, Fig.7B, các hình vẽ này cho thấy bộ tiếp hợp 400 với phần thân chính 410 và hai phần kết nối được căn thẳng 415 kéo dài xuống và cách xa phần thân chính 410 để ghép với chân giàn 210. Các phần kết nối 415 tốt hơn là đối xứng, nghĩa là các đường thẳng qua tâm tương ứng của chúng sẽ cắt nhau tại một điểm chung. Bộ tiếp hợp 400 có thể đỡ thiết bị theo dõi kiểu từ dưới lên hoặc từ trên xuống. Fig.7B cho thấy bộ tiếp hợp 400 được gắn với chân trên 212 thông qua các

phần kết nối 415. Theo các phương án khác nhau, các phần kết nối 415 được định hướng sao cho các chân trên 212 được đặt nghiêng với nhau ở đỉnh một góc trong phạm vi từ hơn 35 độ lên đến 70 độ. Theo các phương án khác nhau, phụ kiện giữa các phần kết nối 415 và chân trên 212 sẽ cho phép điều chỉnh giữa các kết cấu này để cho phép điều chỉnh chiều cao của bộ tiếp hợp so với chân trên 212 trước khi kết nối vĩnh viễn nó với chân trên 212. Các đường chấm kéo dài qua tâm của mỗi chân 210 cho thấy các phần kết nối 415 được căn chỉnh theo hướng thẳng đứng. Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, hình vẽ nhìn từ trên xuống cũng sẽ cho thấy rằng các đường qua tâm tương ứng của chúng giao với nhau, cho thấy rằng chúng cũng được căn chỉnh theo chiều ngang, tức là về cơ bản giao nhau tại cùng một điểm dọc theo ống xoay (ống truyền mômen xoắn). Thiết bị theo dõi được thể hiện trên Fig.7B là thiết bị theo dõi kiểu từ trên xuống, chẳng hạn như được thể hiện trên Fig.2C và Fig.2D.

Fig.8 cho thấy bộ tiếp hợp ổ trục hình trái tim 500 được thiết kế đặc biệt cho thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống. Như được đề cập trong sáng chế và yêu cầu bảo hộ, thuật ngữ bộ tiếp hợp ổ trục được sử dụng chung để chỉ các kết cấu kết hợp chức năng của bộ tiếp hợp, tức là nối các chân của khung chữ A để chúng được căn chỉnh và ở góc chính xác, và chức năng của cụm ổ trục, tức là đỡ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) cũng như cung cấp ổ trục hình trụ để tiếp nhận bộ phận quay đóng vai trò là trục quay của thiết bị theo dõi. Bộ tiếp hợp ổ trục không chỉ giới hạn ở các thiết bị theo dõi kiểu từ dưới lên hoặc chỉ dành cho kiểu từ trên xuống, và thay vào đó có thể phù hợp với cả hai, như được thể hiện và thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Bộ tiếp hợp ổ trục 500 trên Fig.8 thực hiện ít nhất ba chức năng. Đầu tiên, hợp nhất các chân liền kề của khung chữ A để tạo thành một cấu trúc giàn vững chắc. Thứ hai, cung cấp một lỗ ổ trục hình trụ cho chốt ổ trục để treo ống xoay (ống truyền mômen xoắn) và khoảng hở để di chuyển theo vòng cung Đông – Tây của bộ tiếp hợp ổ trục trong khi giảm lượng thép và các cơ cấu cần thiết. Cuối cùng, căn chỉnh các chân trên 212 sao cho các trục tương ứng của chúng thẳng hàng với nhau và ống xoay (ống truyền mômen xoắn) thiết lập góc đỉnh giữa chúng trong phạm vi lớn từ hơn 35 độ đến 70 độ và tốt nhất là trong phạm vi từ 50 độ đến 60 độ.

Bộ tiếp hợp ổ trục 500 được thiết kế từ một hoặc các miếng kim loại đúc. Tuy nhiên, cần phải đánh giá cao rằng các kỹ thuật sản xuất khác có thể được sử dụng mà

không tách rời khỏi bản chất hoặc phạm vi của sáng chế. Bộ tiếp hợp ổ trục này bao gồm vòng đệm hình trái tim 510 với chỏm 512 và các nhánh hình chữ S đối xứng 520, nằm ở hai bên của chỏm 512. Các nhánh hình chữ S 520 kết thúc bằng các phần nối hình ống tương ứng 517. Các nhánh hình chữ S 520 hướng ra khỏi chỏm 515, sau đó cong ngược vào trong trước khi cong ngược ra ngoài để phù hợp với góc và khoảng cách của các chân giàn (ví dụ, $\pm 60^\circ$). Theo các phương án khác nhau, góc chân giàn mong muốn θ và góc đỉnh α sẽ được biết trước và bộ tiếp hợp ổ trục 500 sẽ được sản xuất theo góc đó.

Các phần kết nối 517 trong ví dụ trên các hình vẽ này được thể hiện dưới dạng các phần ống. Theo các phương án khác nhau, các tấm che riêng biệt cũng có dạng hình ống có thể vừa với các chân trên 212 của khung chữ A và kết hợp với các phần kết nối 517 để chụp vào các chân trên. Có thể sử dụng bu lông, đinh tán hoặc ốc vít cơ khí đã biết khác và các chi tiết có chức năng tương đương để giữ chặt các tấm che với các phần nối 517. Cần đánh giá cao rằng các phương án khác có thể là một ống hoàn chỉnh ở cuối mỗi nhánh hình chữ S 520 được làm theo kích thước để tiếp nhận hoặc lắp bên trong các đầu tự do của mỗi chân trên liên kết 212, hoặc ở một hình dạng hoàn toàn khác. Những sửa đổi như vậy vẫn nằm trong phạm vi của các phương án khác nhau của sáng chế, miễn là chúng không làm giảm các chức năng của bộ tiếp hợp. Một lỗ trục hình trụ ở phần chỏm 512 sẽ tiếp nhận chốt ổ trục mà từ đó ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 được treo vào. Giá đỡ môđun 135 ghép các tấm pin mặt trời (môđun pin quang điện) với ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130. Vì không sử dụng móng đơn trục nên các đầu của các cấu kiện hình chữ S 520 không cần giao nhau tại móng lắp nằm ngang. Thiết kế này tận dụng lợi thế hiệu quả hơn của kiến trúc giàn và có thể đơn giản hóa việc lắp đặt. Ví dụ, sau khi mỗi cặp chân giàn liên kết được lắp đặt, các đoạn ống xoay (đoạn ống truyền mômen xoắn) hoặc ống xoay (ống truyền mômen xoắn) có thể được đặt trên mặt đất giữa các chân tiếp giáp chưa được nối. Sau khi các bộ tiếp hợp ổ trục, chẳng hạn như bộ tiếp hợp 500, được lắp vào ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 ở các vị trí thích hợp, thì toàn bộ ống hoặc các phần ống có thể được nâng lên bằng xe nâng hoặc thiết bị chuyên dụng khác để có thể hoàn thiện các kết nối riêng lẻ giữa các chân liên kết và bộ tiếp hợp ổ trục tương ứng.

Tiếp tục với Fig.9, là hình vẽ thể hiện hình chiếu một đầu của thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ trên xuống và bộ tiếp hợp ổ trục 600 cho thiết bị theo dõi nổi vào giàn để tạo thành móng khung chữ A, và căn chỉnh các chân để chúng tạo với nhau ở đỉnh một góc α trong phạm vi từ hơn 35 độ đến 70 độ và tốt nhất là trong phạm vi từ 50 độ đến 60 độ. Thiết bị theo dõi kiểu từ trên xuống có thể là một hệ thống theo dõi cân bằng cơ học, chẳng hạn như hệ thống có sẵn từ nhà sản xuất NEXTRACKER hoặc thiết bị theo dõi kiểu từ trên xuống của nhà sản xuất khác. Bộ tiếp hợp ổ trục 600 cung cấp chức năng giá đỡ kẹp ống xoay (ống truyền mômen xoắn) thông thường (ví dụ, các chi tiết 124/126 trên Fig.2C/Fig.2D) nhưng ở dạng hệ số được tối ưu hóa cho móng giàn.

Bắt đầu với phần móng, giống như những gì được thể hiện cùng với các bộ tiếp hợp giàn và bộ tiếp hợp ổ trục khác được thảo luận ở đây, phần móng bao gồm các chân 210, mỗi chân được tạo thành từ các vít neo 211 và các chân trên 212. Các vít neo 211 được xoay xuống dưới đất ở góc tương hỗ so với phương nằm ngang, trong ví dụ này là ± 68 độ sao cho chúng tạo với nhau ở đỉnh một góc $\alpha = 44$ độ. Theo các phương án khác nhau, mỗi vít neo 211 có dạng ren ở đầu phía xa của nó để giúp nó chống lại các lực dọc trục và giữ cho nó đi đúng hướng trong quá trình đóng xuống đất. Dạng ren chỉ có thể là dạng rộng đều hoặc có đầu thuôn nhọn. Chân trên 212 được ghép đồng trục với đầu trên mặt đất của mỗi vít neo 211 để tạo thành khung chữ A sử dụng một trong các phương pháp nối khác nhau được thảo luận ở đây.

Bộ tiếp hợp ổ trục 600 giống như bộ tiếp hợp ổ trục 500 trên Fig.8 nhưng có dạng hình ống chữ không phải dạng đúc. Các phần kết nối 615 được kết nối với các đầu tương ứng của mỗi chân trên 212 để hoàn thành khung chữ A. Theo các phương án khác nhau, có thể sử dụng vòng đệm, chốt, khớp nối, đai uốn hoặc các chi tiết tương đương để nối phần kết nối thứ hai 615 với chân trên thứ hai 212 sau khi phần kết nối thứ nhất 615 đã được nối với chân trên thứ nhất 212. Bản lề và cụm kẹp giữ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) được đỡ bởi bộ tiếp hợp ổ trục 600 thông qua chốt ổ trục 620 kéo dài qua lỗ ổ trục hình trụ trong phần cầu nối 610. Như trong các hệ thống kiểu từ trên xuống khác được trình bày ở đây, cụm kẹp giữ ống xoay (ống truyền mômen xoắn) và treo ống xoay (ống truyền mômen xoắn) sao cho ống này có thể quay xung quanh chốt ổ trục 620. Ngoài ra, trong hệ thống này, một cặp bu lông

chữ U bắt chặt ống xoay (ống truyền mômen xoắn) để ghim giá đỡ môđun vào ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130. Môđun quang điện, còn được gọi là tấm pin mặt trời, sau đó được gắn dọc theo ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 130 vào mỗi giá đỡ môđun, cùng với mỗi giá đỡ nối các cạnh của hai môđun liền kề. Theo các phương án khác nhau, liên kết giữa bộ tiếp hợp ổ trục 600 và chân trên 212 sẽ cho phép điều chỉnh một phần chiều cao và góc. Theo các phương án khác nhau, việc lắp đặt bộ tiếp hợp 600 như được thể hiện trên Fig.9 có thể giống như được mô tả của bộ tiếp hợp ổ trục 500 trên Fig.8.

Tiếp theo với Fig.10, là hình vẽ thể hiện bộ tiếp hợp ổ trục 700 theo các phương án khác của sáng chế. Không giống như các bộ tiếp hợp ổ trục được thể hiện trên Fig.8 và Fig.9, bộ tiếp hợp 700 được thiết kế cho thiết bị theo dõi đơn trục kiểu từ dưới lên. Về mặt chức năng, nó tương đương với bộ tiếp hợp 500/600 vì nó căn chỉnh và kết nối các chân giàn để hoàn thành khung chữ A, cung cấp một ổ đỡ hình trụ để tiếp nhận bộ phận quay, trong trường hợp này là ống xoay (ống truyền mômen xoắn) và thiết lập góc đỉnh trong phạm vi mong muốn. Tuy nhiên, hình dạng hình học của bộ tiếp hợp 700 lại khác vì ổ trục tiếp nhận ống xoay (ống truyền mômen xoắn) chứ không phải dạng bản lề và do đó không cần khe hở để ống xoay (ống truyền mômen xoắn) quay được một cung.

Bộ tiếp hợp ổ trục 700 bao gồm phần thân dưới 710 cùng với các phần kết nối được căn chỉnh 715 nhô xuống dưới và đi ra khỏi phần thân dưới 710 để kết nối với các chân trên 212. Cũng như các bộ tiếp hợp trong các phương án khác, các phần kết nối 715 được làm nghiêng xuống và hướng ra xa từ phần thân dưới 710 sao cho các chân giàn cách nhau một góc α từ hơn 35 độ đến 70 độ và tốt nhất là khoảng từ 50 đến 60 độ. Phần thân dưới 710 có tiết diện hình bán nguyệt vì nó đóng vai trò là nửa dưới của ổ trục hình trụ. Phần trên 720 được làm phù hợp với phần thân dưới 710 thông qua các vành trên nằm ở trên các vành dưới tương ứng với phần thân dưới 710. Bu lông, vít hoặc các chốt hãm đã biết khác hoặc các chi tiết tương đương có thể được sử dụng để cố định phần trên 720 với phần thân dưới 710. Trong ví dụ này, ống xoay (ống truyền mômen xoắn) 730 được thể hiện có mặt cắt hình hộp. Nó được bao quanh bởi miếng lót ổ trục 725, chuyển ống có mặt cắt hình hộp thành hình dạng có mặt cắt tròn để phù hợp với biên dạng của ổ trục hình trụ được tạo thành từ sự kết hợp của phần trên 720 và phần dưới 710. Bộ tiếp hợp ổ trục 700 được tối ưu hóa từ

việc sử dụng vật liệu phối cảnh để làm việc với móng giàn khung chữ A bằng cách nối các chân của khung chữ A, giữ cho chúng ở góc và khoảng cách mong muốn, đồng thời căn chỉnh chúng với nhau. Đồng thời cũng cung cấp một ổ trục hình trụ để không cần phải lắp ổ trục riêng biệt.

Các phương án của sáng chế không bị giới hạn phạm vi bởi các phương án cụ thể được mô tả ở đây. Thật vậy, các sửa đổi khác nhau của các phương án thuộc sáng chế, ngoài các phương án được mô tả ở đây, là rõ ràng đối với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật đối với phần mô tả ở trên và các hình vẽ đi kèm. Do đó, những sửa đổi như vậy vẫn nằm trong phạm vi của các yêu cầu bảo hộ dưới đây. Hơn nữa, mặc dù một số phương án của sáng chế đã được mô tả ở đây trong bối cảnh thực hiện cụ thể ở một môi trường cụ thể cho một mục đích cụ thể, nhưng những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận ra rằng tính hữu ích của sáng chế không bị giới hạn ở đó và các phương án của sáng chế có thể được thực hiện một cách có lợi trong bất kỳ môi trường nào cho bất kỳ mục đích nào. Do đó, các yêu cầu bảo hộ nêu ở dưới đây phải được hiểu theo nghĩa tổng thể và bản chất của các phương án thuộc sáng chế như được bộc lộ trong bản mô tả này.

Sáng chế này được hưởng quyền ưu tiên từ các đơn xin cấp bằng độc quyền sáng chế Hoa Kỳ số 62/745188, nộp ngày 12/10/2018 với tên “OPTIMIZED A-FRAME FOUNDATIONS FOR AXIAL SOLAR ARRAYS AND RELATED SYSTEMS AND METHODS”. Đơn số 16/413551, nộp ngày 15/05/2019 với tên “OPTIMIZED TRUSS FOUNDATIONS, ADAPTERS FOR OPTIMIZED TRUSS FOUNDATIONS, AND RELATED SYSTEMS AND METHODS”. Những gì đã bộc lộ trong các đơn nêu trên được viện dẫn để tham khảo toàn bộ ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ tiếp hợp để nối các chân của móng giàn khung chữ A, bộ tiếp hợp này bao gồm:

phần thân chính, phần thân chính này có ít nhất một giá đỡ ổ trục;

hai phần kết nối về cơ bản được căn chỉnh nhô ra khỏi phần thân chính, phần kết nối để nối với hai chân tiếp giáp của móng giàn khung chữ A, các phần kết nối tách các chân bởi một góc đỉnh α , trong đó $35^\circ < \alpha \leq 70^\circ$; và

cụm ổ trục được ghép với ít nhất một giá đỡ ổ trục, cụm ổ trục bao gồm phần ổ trục hình trụ với chốt ổ trục được đặt có thể quay trong phần ổ trục, chốt ổ trục nhô ra qua bộ tiếp hợp về cơ bản ngang qua các phần kết nối để treo ống xoay (ống truyền mômen xoắn).

2. Bộ tiếp hợp theo điểm 1, trong đó các phần kết nối tách các chân tiếp giáp bởi một góc đỉnh α , trong đó $50^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.

3. Tổ hợp bao gồm:

các chi tiết ổ trục để đỡ quay ống xoay (ống truyền mômen xoắn) để quay quanh trục quay thứ nhất; và

các chi tiết nối để nối hai chân giàn liên kề sao cho các chân giàn liên kề về cơ bản được căn chỉnh quanh và ngang qua trục quay thứ nhất và tách với nhau một góc α , trong đó $35^\circ < \alpha \leq 70^\circ$, trong đó các chi tiết nối bao gồm một bộ tiếp hợp có hai phần kết nối để nối tới các chân giàn liên kề và các chi tiết ổ trục bao gồm ổ trục hình trụ được đỡ bởi bộ tiếp hợp với ít nhất một trong số ống xoay (ống truyền mômen xoắn) và chốt ổ trục được đặt trong ổ trục hình trụ.

4. Tổ hợp theo điểm 3, trong đó các chi tiết nối hướng hai chân giàn liên kề sao cho chúng được tách với nhau một góc α , trong đó $50^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.

5. Thiết bị theo dõi đơn trục bao gồm:

ống xoay (ống truyền mômen xoắn);

các tấm pin mặt trời được gắn vào ống xoay (ống truyền mômen xoắn);

các cụm ổ trục đỡ quay ống xoay (ống truyền mômen xoắn);

các móng giàn, mỗi móng đỡ một trong số các cụm ổ trục, trong đó mỗi móng giàn bao gồm hai chân liền kề về cơ bản được căn chỉnh kéo dài xuống dưới mặt đất và tách với nhau một góc α , trong đó $35^\circ < \alpha \leq 70^\circ$; và

các bộ tiếp hợp nối từng cụm ổ trục với một trong số các móng giàn, mỗi bộ tiếp hợp có hai phần kết nối về cơ bản được căn chỉnh, các phần kết nối sẽ nối mỗi cặp chân liền kề và cung cấp một bộ gắn cho cụm ổ trục.

6. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 5, trong đó mỗi móng giàn bao gồm hai chân liền kề về cơ bản được căn chỉnh kéo dài xuống dưới mặt đất và tách với nhau một góc α , trong đó $50^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.
7. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 6, trong đó thiết bị này còn bao gồm một khe hở không có bất kỳ kẹp môđun nào giữa các tấm pin mặt trời liền kề tại mỗi vị trí trên ống xoay (ống truyền mômen xoắn) được đỡ bởi một trong số các móng giàn, khe hở này cho phép các tấm pin mặt trời quay mà không bị vướng về mặt cơ khí với các móng giàn.
8. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 5, trong đó thiết bị này còn bao gồm các kẹp môđun, các kẹp môđun này gắn chặt các tấm pin mặt trời với ống xoay (ống truyền mômen xoắn).
9. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 5, trong đó các cụm ổ trục đỡ quay ống xoay (ống truyền mômen xoắn) sao cho ống xoay (ống truyền mômen xoắn) có thể quay quanh trục của ống này.
10. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 5, trong đó các cụm ổ trục đỡ quay ống xoay (ống truyền mômen xoắn) để quay quanh chốt ổ trục.
11. Thiết bị theo dõi đơn trục theo điểm 5, trong đó các phần kết nối của bộ tiếp hợp nối từng cặp chân liền kề về cơ bản được căn chỉnh bởi một góc α , trong đó $50^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$.

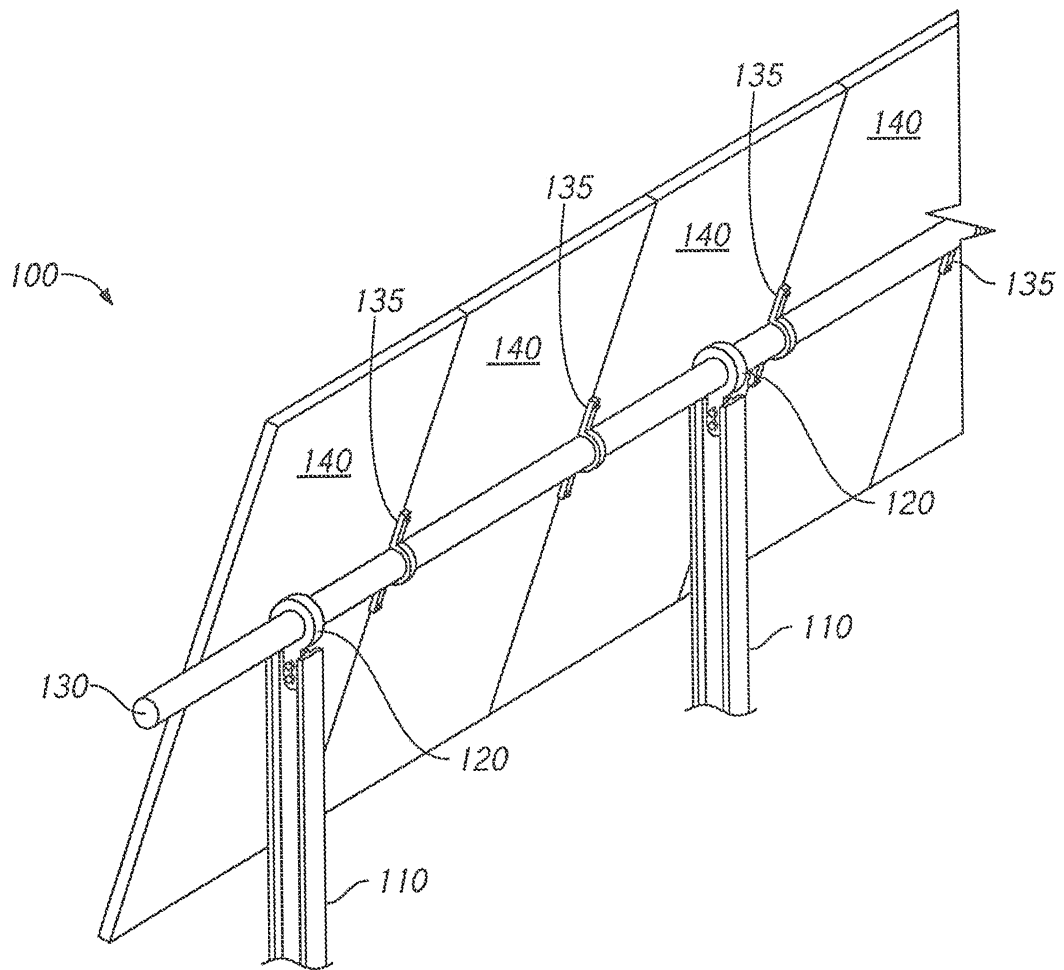


FIG. 1A

2/16

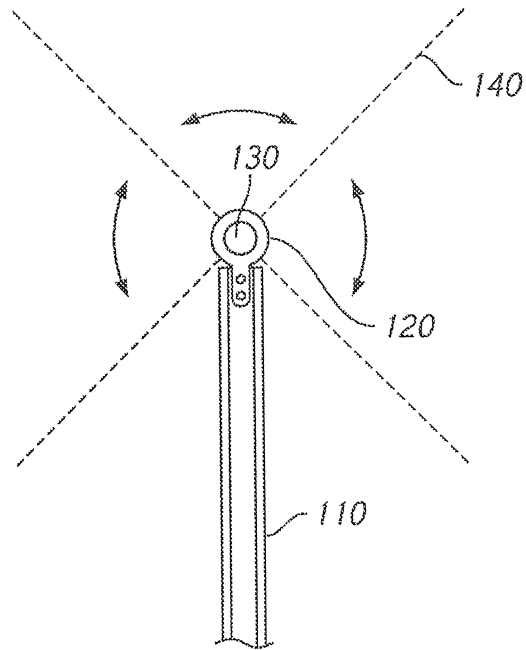


FIG. 1B

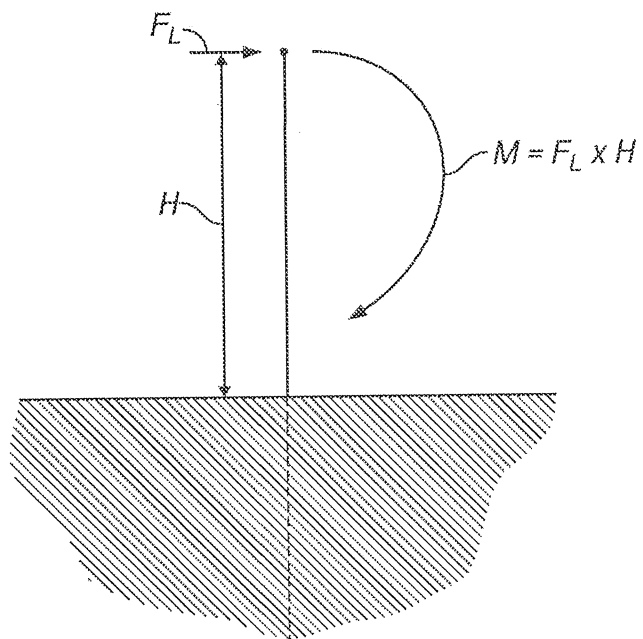


FIG. 1C

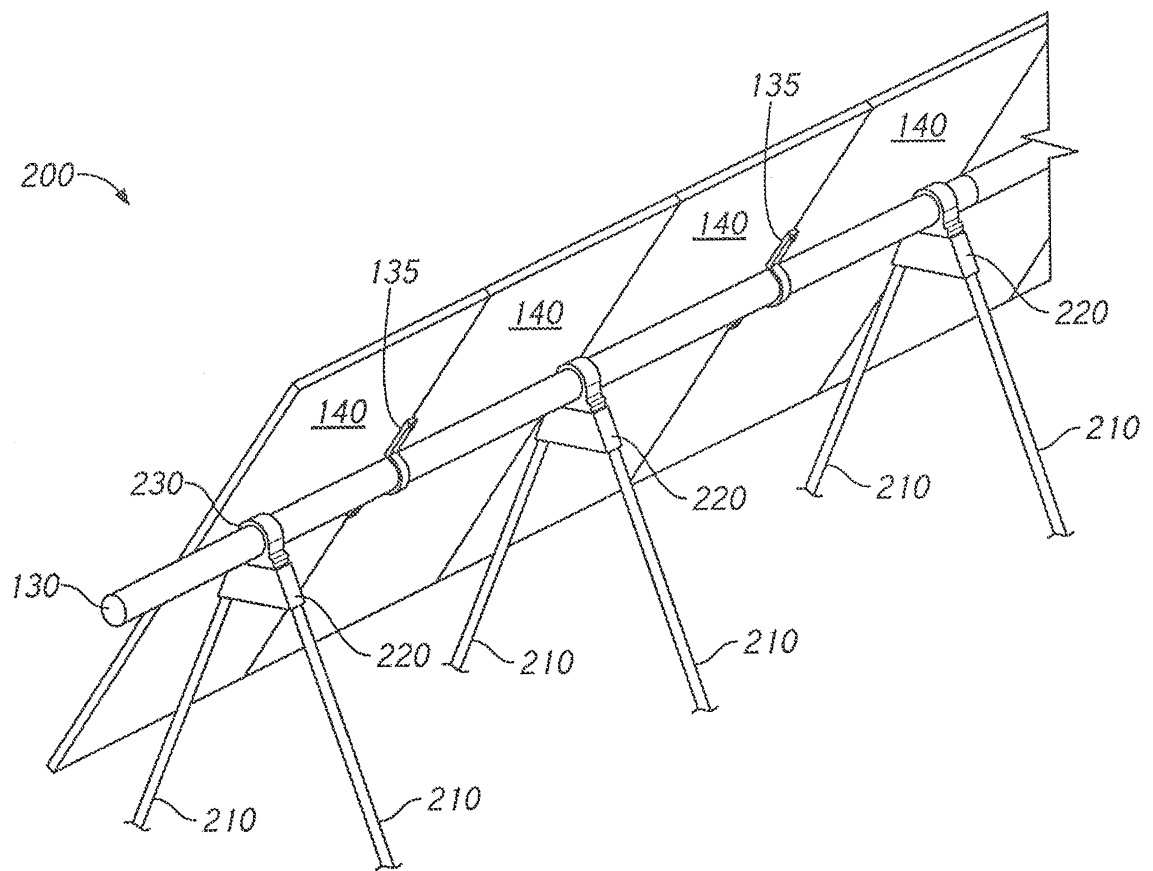


FIG. 2A

4/16

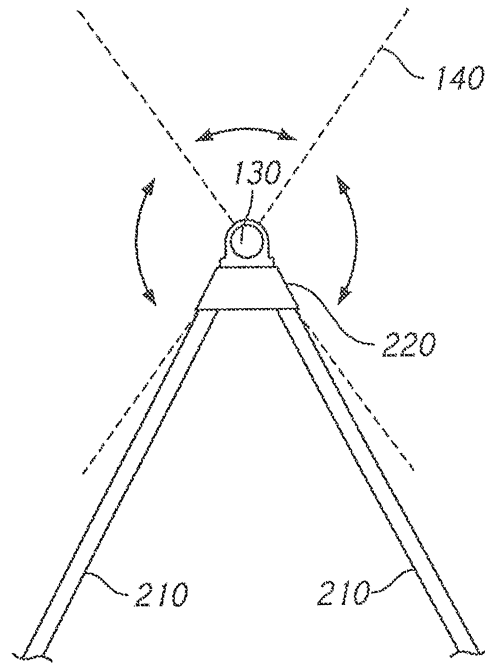


FIG. 2B

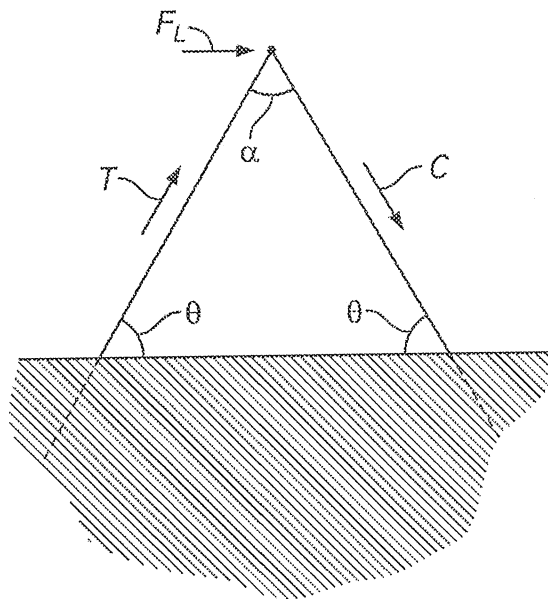


FIG. 2C

5/16

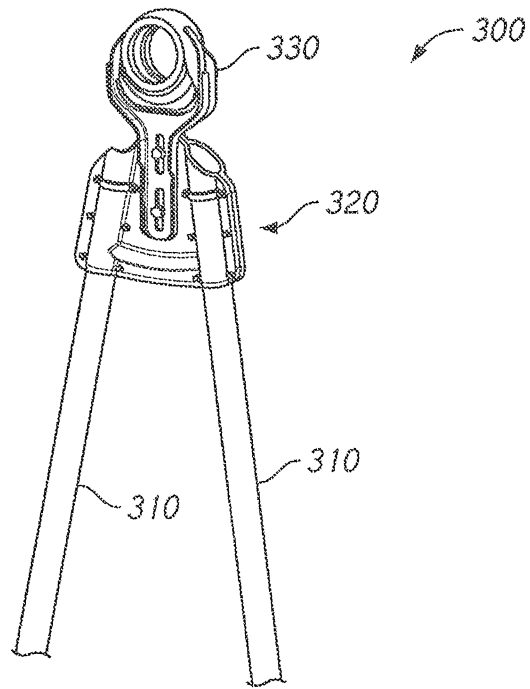
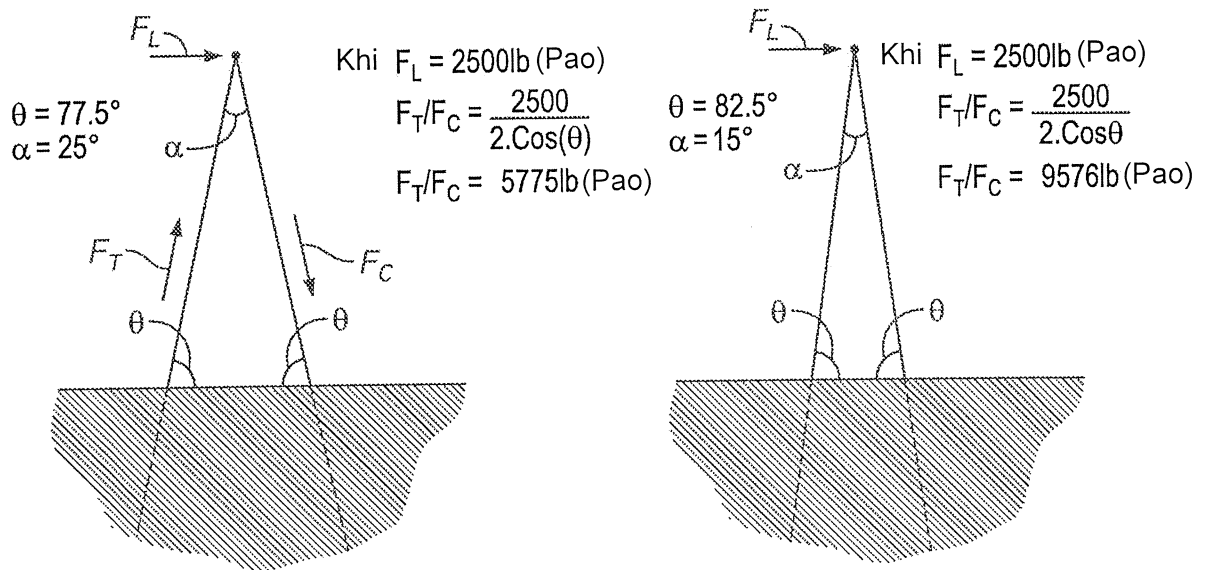
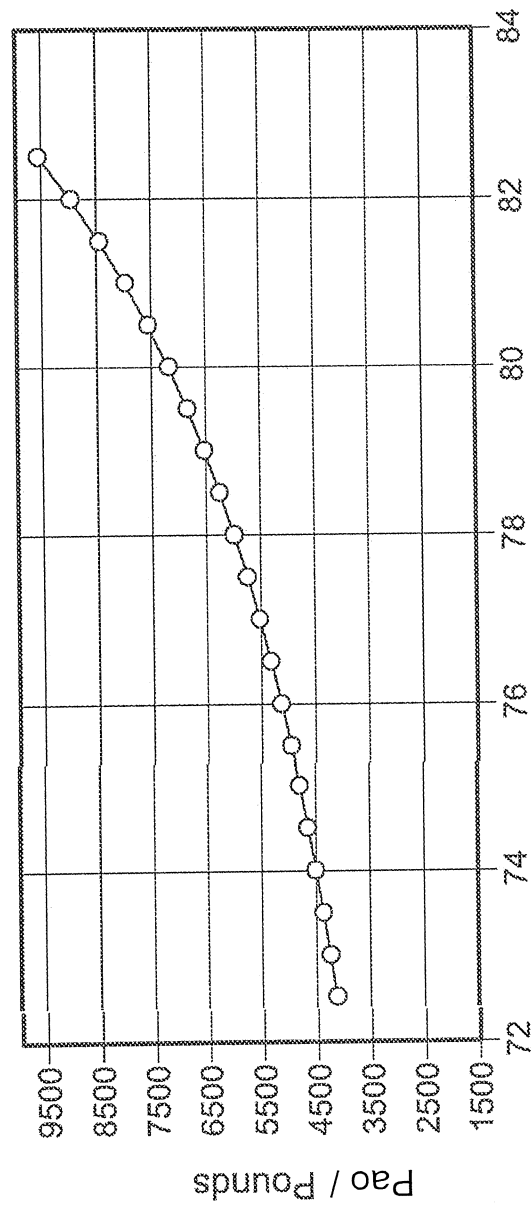


FIG. 3A





Lực F/T so với góc chân gài

FIG. 3D

7/16

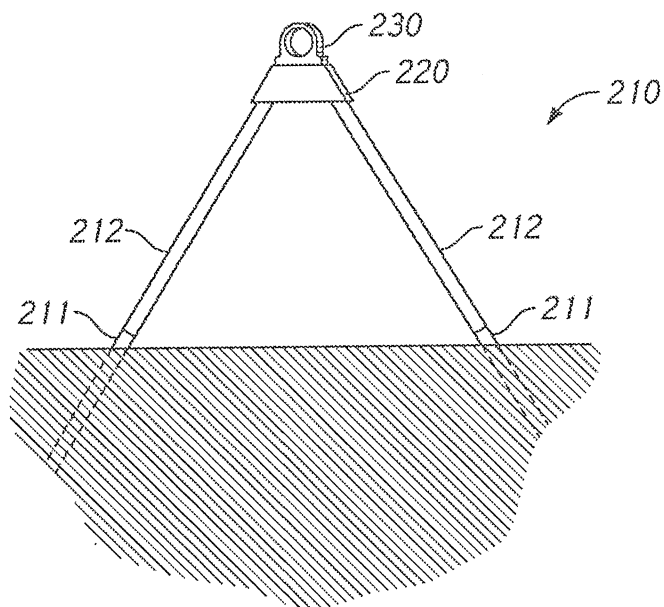


FIG. 4A

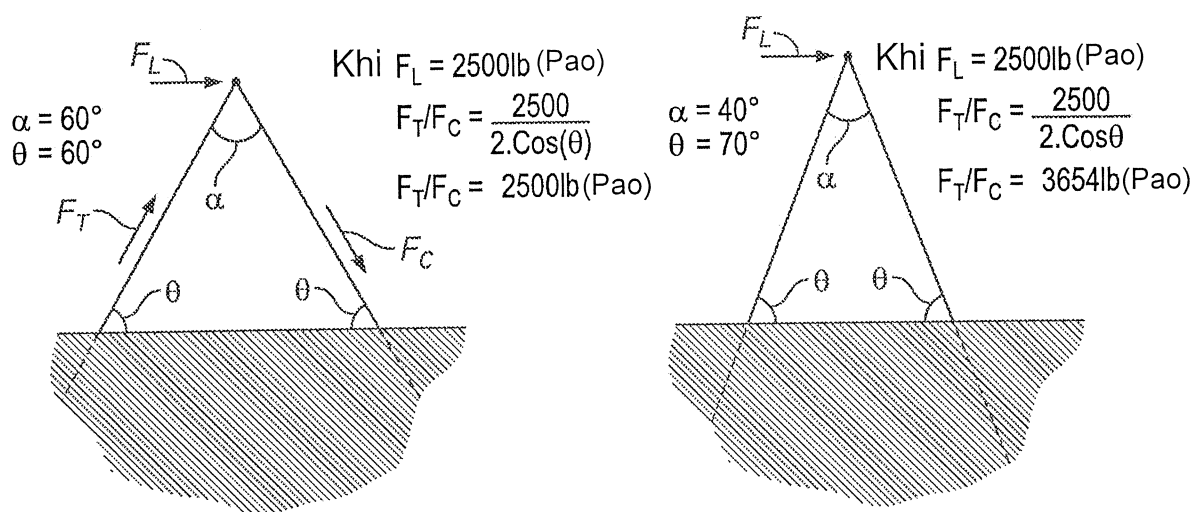


FIG. 4B

FIG. 4C

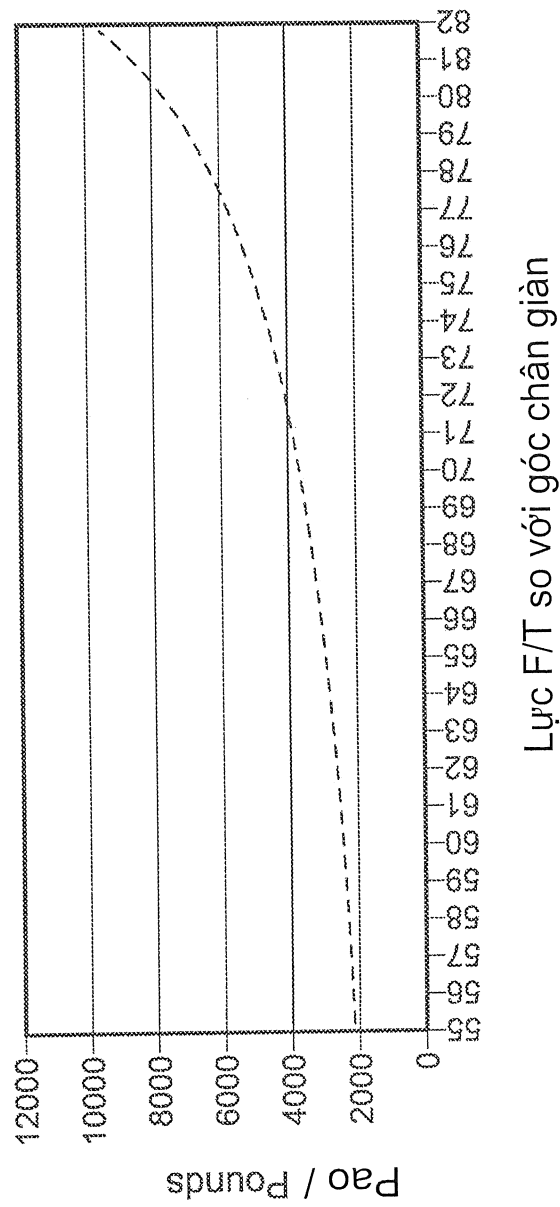


FIG. 4D

9/16

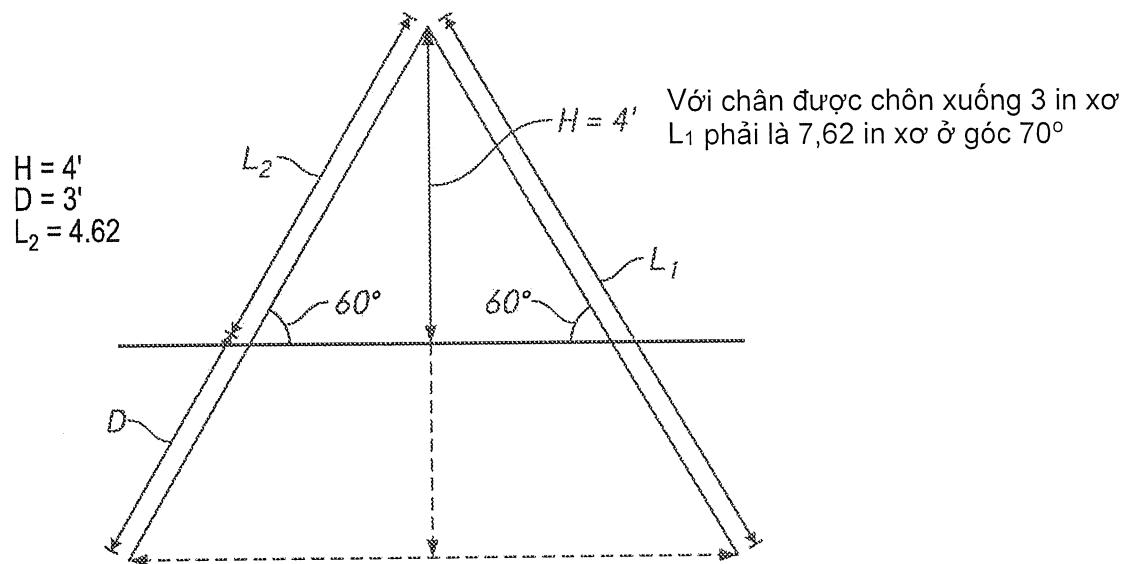


FIG. 5A

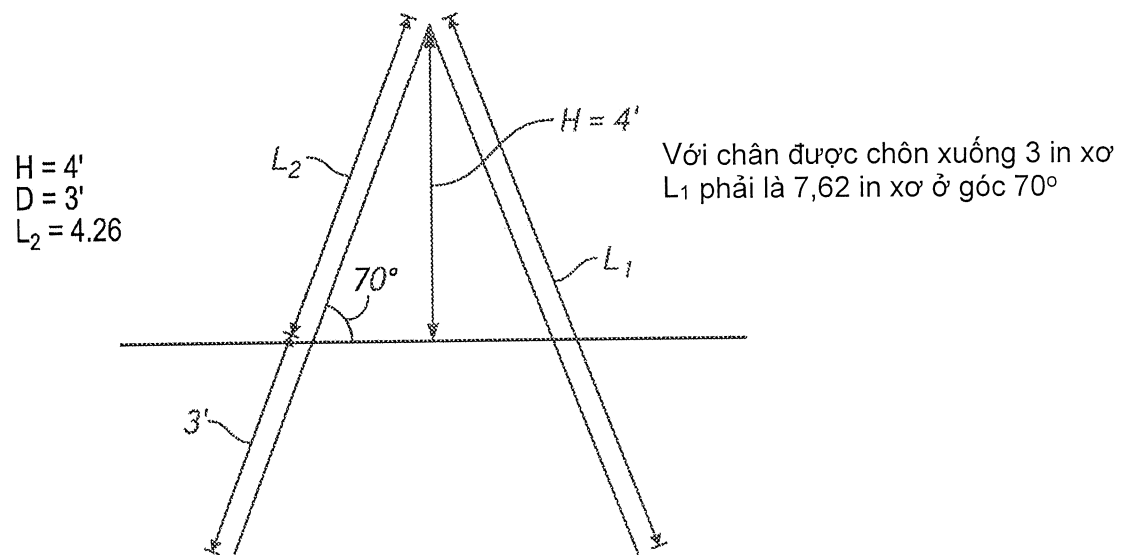
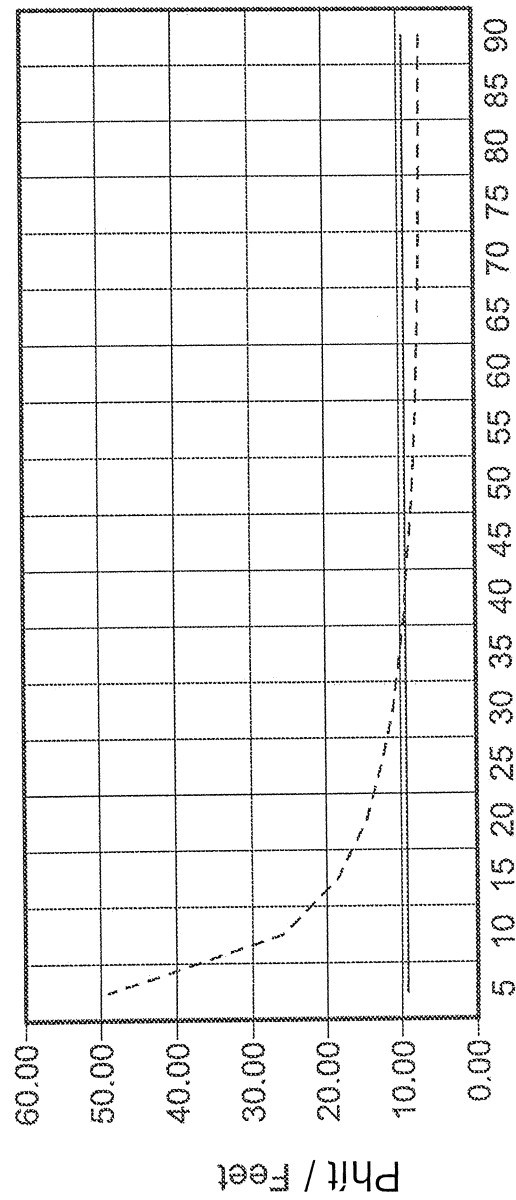


FIG. 5B



Chiều dài của chân so với góc chân giàn

FIG. 5C

11/16

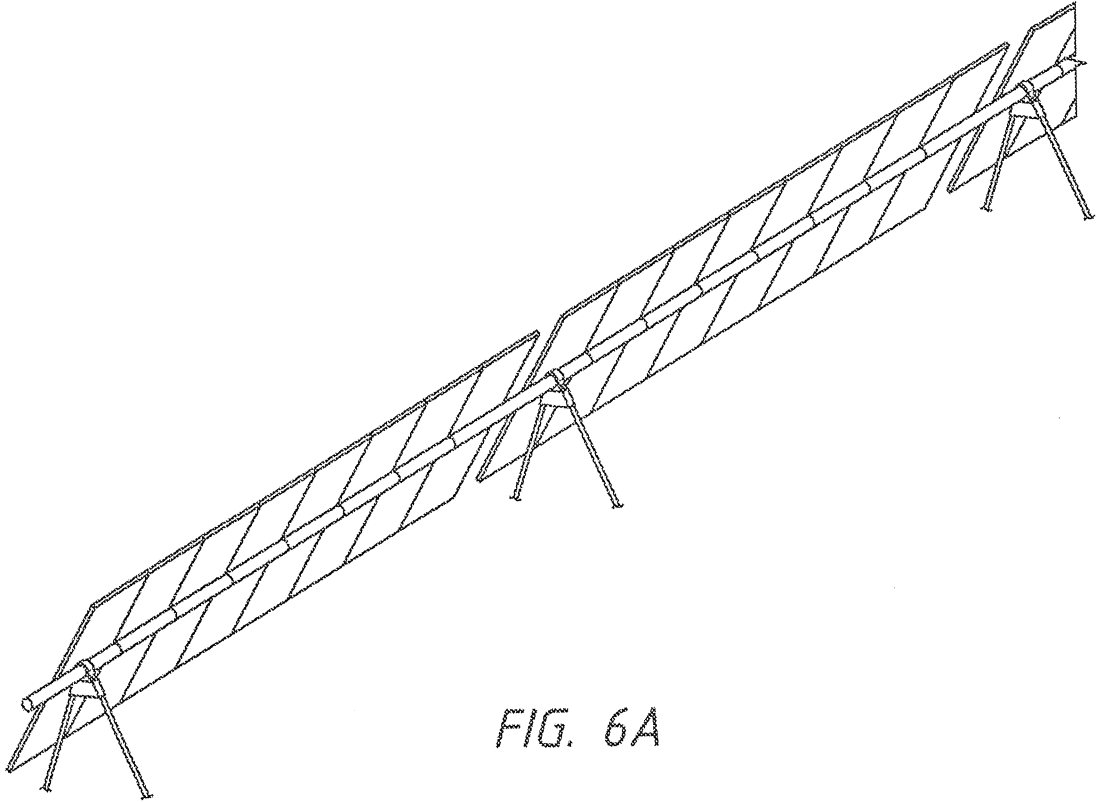


FIG. 6A

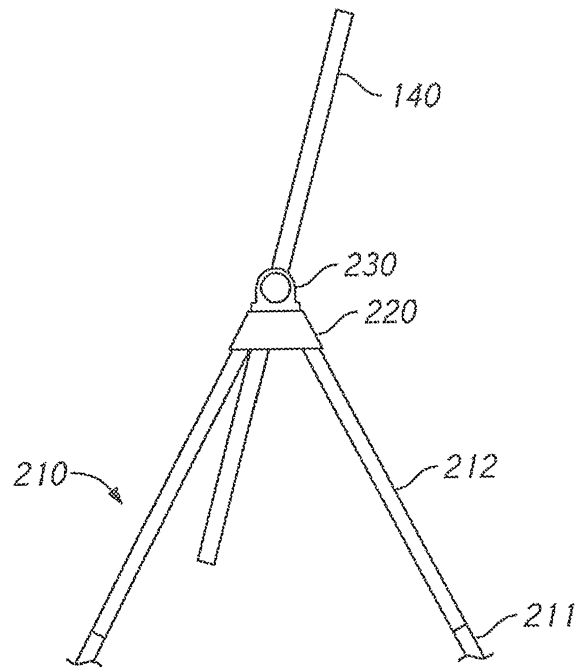


FIG. 6B

12/16

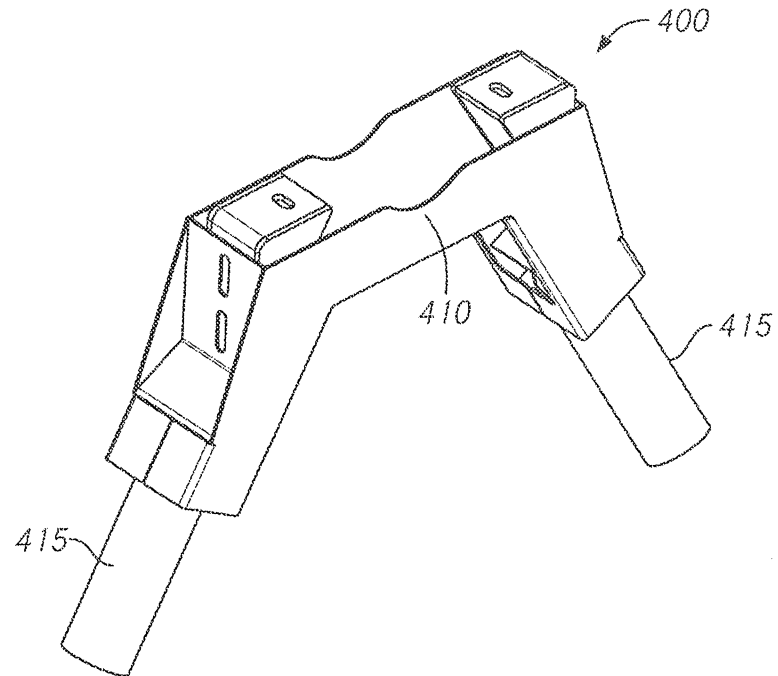


FIG. 7A

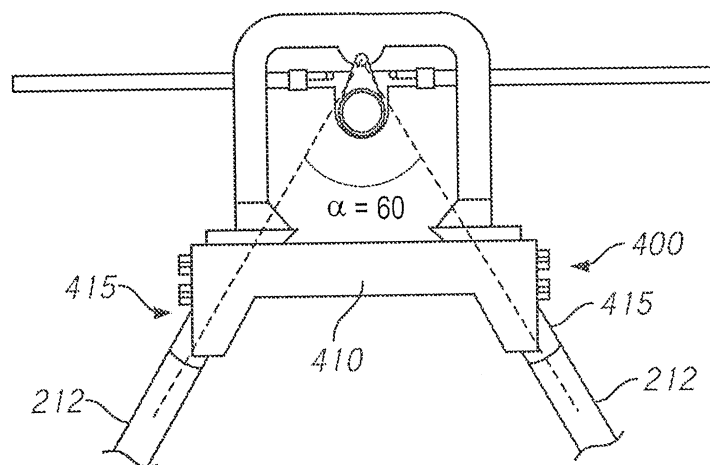


FIG. 7B

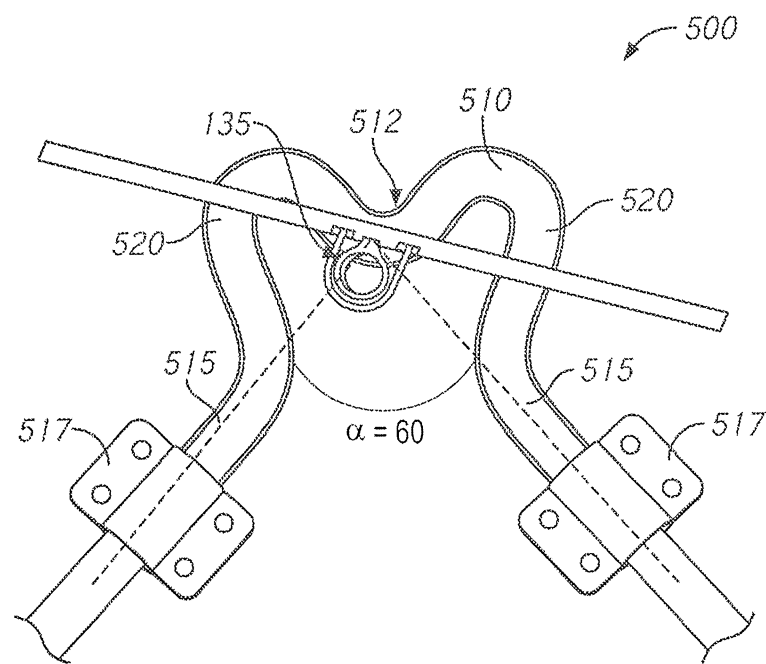


FIG. 8

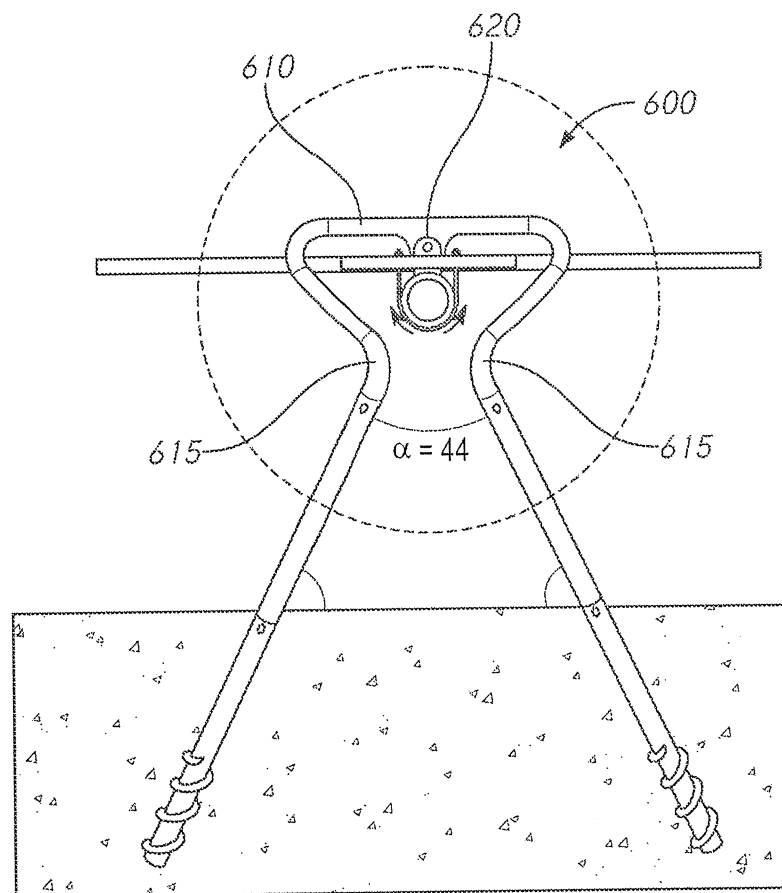
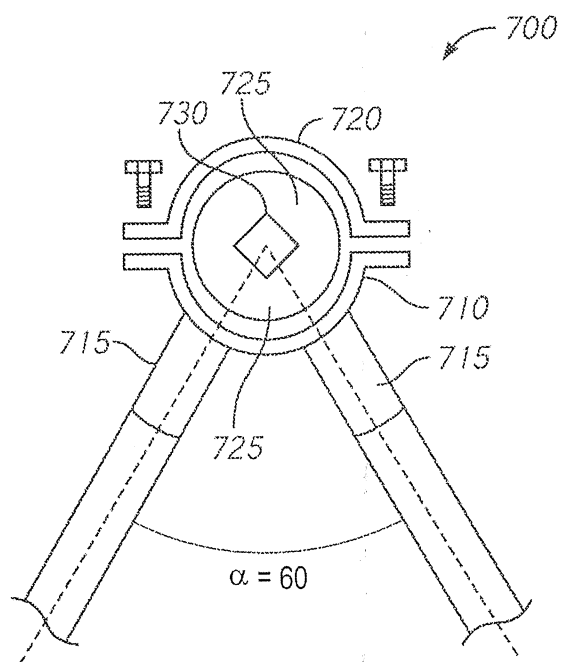


FIG. 9

15/16



16/16

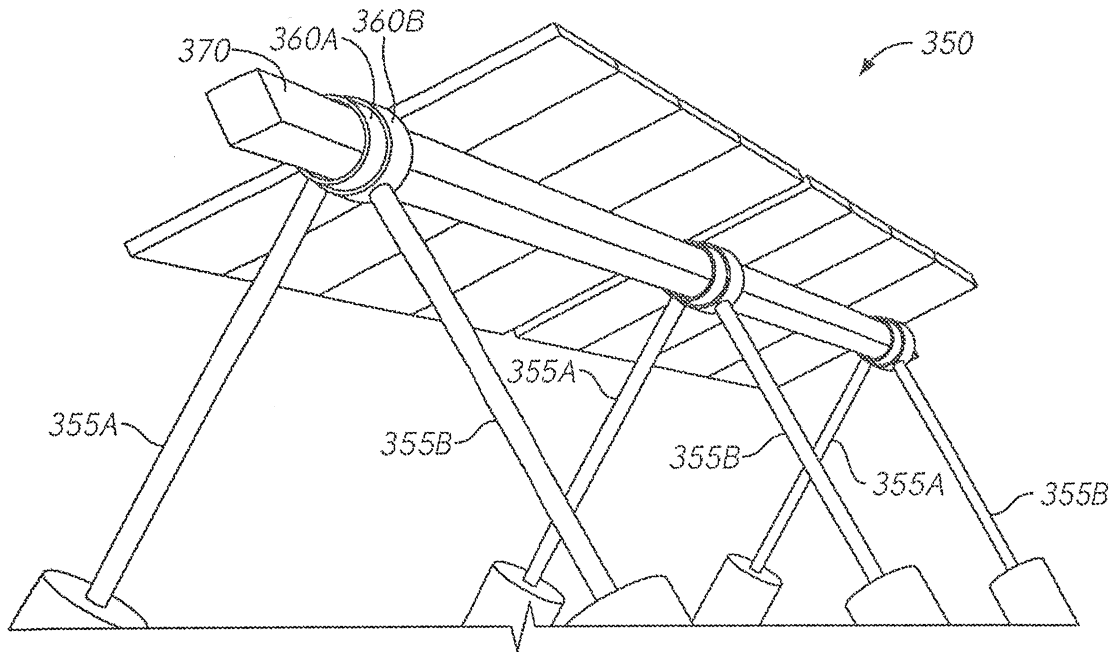


FIG. 11A

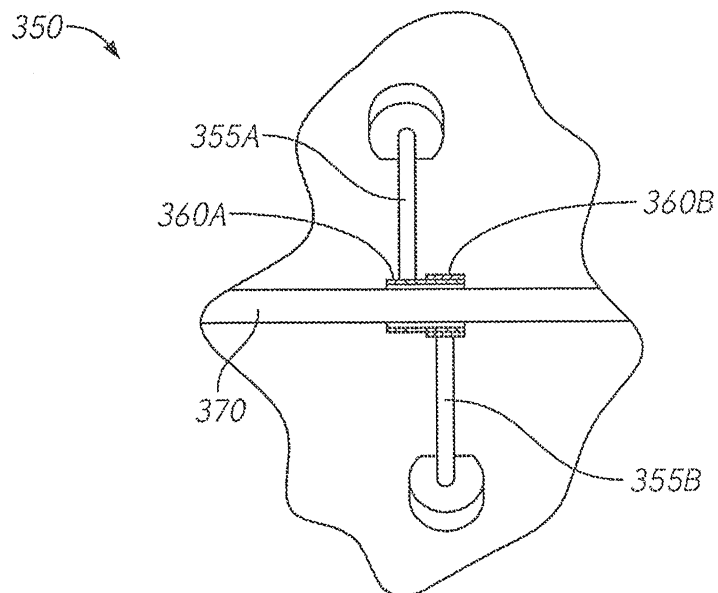


FIG. 11B