

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 247326 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **445021**

(22) Data zgłoszenia: **2023.05.26**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.12.02 BUP 49/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.16 WUP 24/2025**

(51) MKP:

F24S 30/45 (2018.01)

H02S 20/32 (2014.01)

F24S 50/20 (2018.01)

(73) Uprawniony z patentu:

WRĘCZYCKI ANDRZEJ, Częstochowa, PL
STEFAŃSKI ŁUKASZ, Częstochowa, PL
WRĘCZYCKI MICHAŁ, Palos Park, US

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ANDRZEJ WRĘCZYCKI, Częstochowa, PL
ŁUKASZ STEFAŃSKI, Częstochowa, PL
MICHAŁ WRĘCZYCKI, Palos Park, US

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Agnieszka Suskiewicz,
Częstochowa, PL

(54) Tytuł:

**Sposób pozycjonowania paneli fotowoltaicznych PV w systemie nadążnym oraz tracker
dwuosiowy otrzymany tym sposobem**

PL 247326 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób naprowadzania paneli fotowoltaicznych PV w systemie nadążnym oraz tracker dwuosiowy, w którym zaimplementowano algorytm sterowania oparty na kalendarzu słonecznym, azymucie i specjalnym instrumentarium trackera.

W odniesieniu do sposobu pozycjonowania paneli w trackerach, pracujących w systemie nadążnym, stosuje się algorytmy sterowania w układach zamkniętych, otwartych lub hybrydowych. W układach zamkniętych sterownik korzystając z czujników oświetlenia lub GPS, wyznacza optymalne w danym momencie ułożenie systemu fotowoltaicznego względem Słońca i przemieszcza konstrukcję zgodnie z nim. W otwartych układach sterowania wykorzystuje się dane z kalendarza astronomicznego.

Sposób według wynalazku dotyczy sterowania w układzie otwartym. W znanych rozwiązaniach tego typu sterowanie na podstawie wyliczonej pozycji Słońca realizowane jest za pomocą dostępnych na rynku sterowników PLC, które mają wbudowane jako jednostkę sterującą np. mikrokontroler STM32 NUCLEO z wbudowanym systemem zegara czasu rzeczywistego (RTC) lub kalkulatory słoneczne, np. S7-1200:SPA_Calc_Sun_Vector oraz specjalizowane bloki komunikacyjne KNX, Modbus. Zależności pozwalające na wyliczenie aktualnej pozycji Słońca w określonym dniu, godzinie i minucie są bardzo skomplikowane. Korzysta się np. z dostępnych plików „NOAA_Solar_Calculations”, które należy dostosować do ustalonej długości i szerokości geograficznej wraz z uwzględnieniem strefy czasowej. W trybie automatycznym sterownik po zmianie położenia Słońca o 1° uruchamia siłownik liniowy na zadany czas, który obraca konstrukcję w przestrzeni.

W sposobie według wynalazku zastosowano inny sposób sterowania w układzie otwartym. Z kalendarza słonecznego wykorzystano dane o kącie padania promieni w cyklu roku słonecznego dla określonej szerokości geograficznej i czasie rzeczywistym górowania Słońca w połączeniu z nietypowym mechanizmem, w którym kardynalną rolę spełnia ustawienie trackera według azymutu.

W odniesieniu do konstrukcji trackerów dwuosiowych, niezależnie od przyjętego układu sterowania, na pionowo zamocowanym do fundamentu maszcie/słupie/kolumnie wsporczej umieszczona jest obrotowa głowica/przyłącze, umożliwiająca przemieszczanie stelaża z panelami w azymucie w granicach 240° – 270° oraz w pionie od 0 do 90° . Połączenie paneli z głowicą/przyłączem, umiejscowione w środku geometrycznym stelaża, jest niewzruszalnym elementem konstrukcji trackera. W dziennym cyklu pracy układy sterujące ustawiają stelaż z panelami za Słońcem po czym następuje powrót do punktu wyjścia. Mankamentem trackerów dwuosiowych jest skomplikowany system sterowania i wytrzymałość mechaniczna konstrukcji w miejscu przyłączenia stelaża z panelami do głowicy/przyłącza.

Znany jest z polskiego zgłoszenia wzoru użytkowego W. 129483 tracker paneli ogniw fotowoltaicznych, który poprzez system belek i siłowników osadzonych na stabilnym słupie umożliwia dwuosiowe, w pionie i poziomie, poruszanie ramą z panelami fotowoltaicznymi. Znana z polskiego zgłoszenia wynalazku nr P.438100 jest konstrukcja wsporcza z dwiema osiami obrotu do paneli fotowoltaicznych oraz system do obracania w dwóch osiach obrotu, w której pionowy maszt zamocowany do podstawy może obracać się wokół własnej osi podłużnej, a w jego górnej części osadzony jest stelaż z panelami fotowoltaicznymi połączony z nim wahliwie. W międzynarodowym zgłoszeniu patentowym WO20120300225 opisano zespół paneli słonecznych w układzie paralaktycznych osi obrotu, gdzie sprzężony jest napęd obrotu panelu w azymucie z wychyleniem paneli góra-dół. Dodatkowo połączone szeregowo autonomiczne trackery mają wspólny system napędu. W opisie patentowym US2010175741 panele mogą być montowane obrotowo wzdłuż osi podłużnej obrotowych ram. Sterownik może zsynchronizować przechylenie paneli i obrót tak, że panele ustawiają się prostopadle do kierunku promieniowania słonecznego. W opisie zgłoszeniowym P.442010 podano sposób mocowania pozycjonujący ramę panelu fotowoltaicznego. Jego istotą jest to, że składa się z pionowego słupa zamocowanego do podłoża a na drugim końcu słupa zamocowana jest za pomocą przegubu kulowego tuleja, w której znajduje się przesuwne osadzone pręty sprzężone z zamocowaną do podłoża wyprofilowaną prowadnicą. Opis zgłoszenia patentowego CN107425794A przedstawia mechanizm mocowania panelu, w którym więcej niż jeden element w kształcie łuku przymocowany jest do ramy nośnej po przeciwnej stronie osi obrotu ramy. W opisie zgłoszenia patentowego CN108964594A przedstawiono mechanizm ustawiania panelu fotowoltaicznego umieszczonego na cokole, który zamocowany jest na podłożu ustawionym pod odpowiednim kątem, zależnym od szerokości geograficznej, i osadzony jest na obracającym się trzpieniu. Opis zgłoszenia patentowego CN109347416A przedstawia mechanizm obracający moduł fotowoltaiczny za pomocą korbowa, którego górny koniec połączony jest ruchomo z ramą modułu, a dolny koniec jest

ruchomo połączony z kulistym blokiem ślizgowym w płycie montażowej. W znanych różnych rozwiązaniach mechanizmów mocowania paneli fotowoltaicznych problemem jest ich ustawienie w optymalnej pozycji do Słońca.

Zadaniem wynalazku jest określenie sposobu naprowadzania paneli fotowoltaicznych prostopadłe do kierunku promieni słonecznych, aby uzyskać maksymalną konwersję energii słonecznej na prąd elektryczny. Zadanie to zostało według wynalazku rozwiązane w ten sposób, że opracowano innowacyjny algorytm sterowania, w którym zawarto dostrzeżoną szczególną prawidłowość wynikającą z prostopadłego do Słońca ułożenia paneli na południku słonecznym w czasie górowania Słońca, co w połączeniu z konstrukcją trackera z paralelnymi osiami obrotu i mechanizmem zegarowym realizuje cel.

Szczegółowe cele wynalazku obejmują: 1. opracowanie sposobu nastawiania paneli fotowoltaicznych prostopadłe do kierunku padania promieni słonecznych od świtu do zachodu Słońca; 2. opracowanie mechanizmu sterowania panelami w systemie nadążnym za pomocą algorytmu wykorzystującego azymut i kalendarz słoneczny oraz instrumentarium trackera; 3. określenie sposobu kalibracji mechanizmu sterowania; 4. opracowanie procedury bezpiecznego składania paneli; 5. konstrukcyjne wzmocnienie odporności trackera na porywy wiatru; 6. opracowanie konstrukcji trackera dwuosowego do realizacji celu 1–5.

Cechą istotną wynalazku jest generowanie prostopadłego ustawienia paneli do Słońca, w czasie jego pozornej wędrówki po niebie, w następstwie ruchu wału (3) w wyniku złożenia ruchów obrotowych w osi O1 w cyklu roku słonecznego i w osi O2 w cyklu dobowym.

Cechą istotną wynalazku jest to, że wał (3) osadzony jest w kolumnie wsporczej (2) usytuowanej w osi północ-południe i nastawianej uchylnie w osi O1 na północ pod kątem β , gdzie $\beta=90^\circ$ – kąt α padania promieni dla danej szerokości geograficznej.

Cechą istotną wynalazku jest to, że do wału (3) zamocowany jest na sztywno stelaż (4) z panelami (1).

Cechą istotną wynalazku jest to, że obrót wału (3) w osi O2 jest równomierny w kierunku od wschodu do zachodu o 360° w cyklu dobowym.

Cechą istotną wynalazku jest to, że w cyklu dobowym obrotu wału (3) podczas górowania Słońca panele (1) są ustawione prostopadłe do kierunku promieni słonecznych a krawędzie poprzeczne (8) do osi wału (3) w stelażu (4) są wypoziomowane.

Cechą istotną wynalazku jest to, że kolumna wsporcza (2) usytuowana w osi północ-południe jest w podstawie zamocowana do fundamentu uchylnie oraz nastawnie w osi O1.

Cechą istotną wynalazku jest to, że kolumna wychylana jest na północ pod kątem β , gdzie $\beta=90^\circ$ – kąt α padania promieni w roku słonecznym dla danej szerokości geograficznej.

Cechą istotną wynalazku jest to, że panele (1) w stelażu (4) są zamontowane na sztywno do wału (3) osadzonego obrotowo w kolumnie (2) wzdłuż osi podłużnej O2.

Cechą istotną wynalazku jest to, że wolny koniec wału połączony jest przesuwnie z podporą stabilizującą (5) zakotwioną do fundamentu.

Cechą istotną wynalazku jest to, że obrót wału w osiach O1 i O2 pozycjonuje panele prostopadłe do kierunku padania promieni podczas górowania Słońca, co implikuje wypoziomowanie poprzecznych do osi wału (3) krawędzi (8) w stelażu (4).

Cechą istotną wynalazku jest to, że wał (3) w osi O2 wykonuje równomiernie w kierunku od wschodu do zachodu obroty o 360° w cyklu dobowym od górowania do górowania Słońca.

Cechą istotną wynalazku jest to, że kalibracja trackera oparta jest na wykorzystaniu charakterystycznych sekwencji mechanizmu działania: wypoziomowanie poprzecznych krawędzi (8) w stelażu (4) podczas górowania lub dołowania Słońca albo pionowe ustawienie paneli o godzinie 6⁰⁰ i 18⁰⁰ według czasu prawdziwego natomiast w awaryjnym ustawieniu trackera poprzeczne krawędzie (8) w stelażu (4) są wypoziomowane a kolumna wsporcza (2) wychylona do poziomu.

Zalety wynalazku dotyczą kilku aspektów: 1. panele na stałe i niezmiennie ustawione są prostopadłe do promieni słonecznych podczas całej pozornej wędrówki Słońca od świtu do zachodu, także podczas dołowania Słońca, czego korzystnym efektem jest zwiększenie sprawności konwersji energii słonecznej na prąd elektryczny, co stanowi istotę rozwoju fotowoltaiki; 2. jednokierunkowy obrót paneli za Słońcem upraszcza sposób sterowania panelami i konstrukcję mechanizmu, ponieważ nie ma potrzeby każdorazowego nastawiania (cofania) paneli do pozycji oczekiwania na wschód Słońca; 3. algorytm naprowadzania paneli nie wymaga stosowania czujników oświetlenia i GPS, sterowników PLC, mikrokontrolerów ustalających położenie Słońca na podstawie skomplikowanych programów komputerowych; 4. kalibracja mechanizmu odnosi się bezpośrednio do wielkości fizycznych, które mierzalne są

prostymi przyrządami: kompas, poziomica, pion, zegar; 5. stelaż z panelami zamontowany jest sztywno do wału, który przechodzi przez kolumnę, co zwiększa wytrzymałość mechaniczną konstrukcji; 6. wał z panelami zamontowany jest dualnie pomiędzy kolumną wsporczą i podporą zakotwionymi do podłoża, co zwiększa odporność trackera na wiatr; 7. w cyklu dobowym panele wykonują tylko dwa rodzaje ruchu: minimalna zmiana kąta wychylenia w osi zamocowania kolumny oraz ruch obrotowy jednostajny wału wokół własnej osi, co ułatwia sterowanie i przekłada się dodatkowo na niskie zużycie energii elektrycznej; 8. w sytuacji awaryjnej tracker składa się do wysokości podłoża, co ma znaczenie w przypadku silnego wiatru; 9. panele mogą być złożone do podłoża stroną instalacyjną lub światłoczułą co ułatwia mycie i konserwację paneli; 10. wyposażenie mechanizmu trackera składa się ze standardowych prostych przekładni mechanicznych i siłowników a system sterowania nie wymaga stosowania czujników oświetlenia i GPS co przekłada się na koszty produkcji i eksploatacji trackera; 11. w cyklu dobowym panele wykonują obrót o 360° względem podłoża co powoduje ich samooczyszczanie podczas opadów śniegu; 12. zaproponowane rozwiązanie ogranicza koszty stałe produkcji instalacji, obniża koszty eksploatacji, zwiększa niezawodność konstrukcji fotowoltaicznych.

Przedmiot wynalazku w korzystnym przykładzie wykonania jest uwidoczniiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia budowę, mechanizm działania i sposób naprowadzania paneli w trackerze pracującym w systemie nadążnym i w otwartym układzie sterowania.

Według przykładu wykonania tracker składa się z paneli fotowoltaicznych (1) zamontowanych w stelażu (4), kolumny wsporczej (2), wału (3), podpory stabilizującej (5), siłownika wychylenia kolumny (6) ze sterownikiem i siłownika obrotu wału (7) z mechanizmem zegarowym. Kolumna wsporcza (2) jest usytuowana w osi północ-południe wyznaczonej za pomocą kompasu magnetycznego. Kolumna wsporcza (2) w podstawie jest zamocowana do fundamentu uchylnie oraz nastawnie w osi O1, adekwatnie do wartości kąta β , wyliczonej na podstawie zależności $\beta = 90^\circ - \text{kąta } \alpha \text{ padania promieni w roku słonecznym dla danej szerokości geograficznej}$. W kolumnie wsporczej (2), wzdłuż jej osi podłużnej O2, osadzony jest wał (3), do którego zamocowany jest na sztywno stelaż (4) z panelami (1). Wolny koniec wału (3) połączony jest przesuwnie wzdłuż łukowej podpory stabilizującej (5) zakotwionej do fundamentu. Zmiana kąta nastawienia kolumny wsporczej w osi O1 dokonywana jest za pomocą siłownika (6) z zaprogramowanym sterownikiem. Obrót wału (3) w osi O2 realizowany jest za pomocą siłownika (7) z mechanizmem zegarowym. Wał wykonuje równomiernie obroty w kierunku od wschodu do zachodu o 360° w cyklu dobowym od górowania do górowania Słońca. Kolumna wsporcza (2) i osadzony w niej łożyskowany wał (3) wykonane są ze stali i mają kształt rur, które umieszczone są współosiowo.

Sposób pozycjonowania paneli fotowoltaicznych przedstawiono w przykładzie wykonania.

W sposobie naprowadzania pozycja paneli (1) względem Słońca jest wynikiem ruchu wału (3) w wyniku złożenia ruchów obrotowych w osi O1 w cyklu roku słonecznego i w osi O2 w cyklu dobowym. Obrót wału w cyklu dobowym jest składową ruchu paneli w azymucie. Zmiana kąta β wychylenia kolumny jest składową ruchu paneli w układzie góra-dół, odpowiednio do pozycji Słońca w roku słonecznym.

Zasadniczym elementem, który stanowi punkt odniesienia dla sposobu naprowadzania paneli i podstawę mechanizmu sterowania jest uchylna kolumna wsporcza (2) usytuowana w osi północ-południe. Wychylenie kolumny na północ skorelowane jest z kątem padania promieni słonecznych w danym dniu według zależności: $\text{kąta wychylenia kolumny } \beta = 90^\circ - \text{kąta } \alpha \text{ padania promieni w roku słonecznym dla danej szerokości geograficznej}$. W ciągu roku słonecznego kąt β wychylenia kolumny zmienia się w dwóch cyklach: zmniejsza się od przesilenia zimowego do przesilenia letniego a następnie zwiększa do przesilenia zimowego.

W algorytmie sterowania wykorzystano dostrzeżoną szczególną prawidłowość: prostopadłe do Słońca ustawienie paneli na południku słonecznym w czasie górowania Słońca skutkuje wypoziomowaniem poprzecznych do osi wału krawędzi stelaża z panelami. Efekt poziomowania krawędzi poprzecznych stelaża w momencie górowania Słońca stanowi istotę mechanizmu naprowadzania paneli. Konsekwencją tej zależności jest fakt, że zawsze podczas górowania Słońca w dowolnym dniu roku słonecznego, gdy na południku słonecznym panele ułożone są prostopadłe do kierunku promieni słonecznych ale skośnie pod kątem β do podłoża, krawędzie stelaża poprzeczne do osi wału muszą być ułożone poziomo, co stanowi podstawę kalibracji mechanizmu. Następstwem i konsekwencją ruchu obrotowego wału w cyklu dobowym, skorelowanym z pozornym przemieszczaniem się Słońca na nieboskłonie, jest także pionowe ustawianie się paneli o godzinie 6^{00} i 18^{00} według czasu prawdziwego, co jest również charakterystycznym punktem odniesienia do kalibracji mechanizmu. Oczywiście konsekwencją implikacji

jest również wypoziomowanie krawędzi poprzecznych stelaża o północy w momencie dołowania Słońca, wtedy jednak panele są odwrócone stroną światłoczułą do podłoża.

Algorytm działania trackera wymaga spełnienia warunków początkowych dla miejsca jego lokalizacji oraz instrumentarium:

- A. Dane dla miejsca lokalizacji trackera: 1. wyznaczenie kierunku osi północ-południe; 2. zestawienie wyliczenia kąta β wychylenia kolumny; 3. określenie momentu górowania Słońca a zatem wyliczenie czasu południa słonecznego według czasu prawdziwego; 4. wyliczenie czasu prawdziwego równoważnego godzinie 6^{00} i 18^{00} według czasu lokalnego.
- B. Instrumentarium trackera: 1. kolumna: zamocowana w osi północ-południe, uchylna w kierunku północnym, o kącie wychylenia w granicach od 0° (pozycja awaryjna) do wyliczonej maksymalnej wielkości kąta β , kąt wychylenia nastawiany siłownikiem; 2. Stelaż z panelami zamontowany do wału osadzonego w uchylnej kolumnie; 4. obrót wału za pomocą siłownika; 5. działanie siłowników poprzez zaprogramowane sterowniki: a) siłownik wychylenia kolumny – od 0° przy poziomowaniu trackera do wyliczonego kąta β ; b) siłownik obrotu wału – równomiernie, w kierunku wschód-zachód, o 360° w cyklu dobowym.

Kalibracja trackera oparta jest na wykorzystaniu charakterystycznych sekwencji mechanizmu działania: 1. nastawne wychylenie kolumny w osi północ-południe stosownie do kąta β ; 2. poziome położenie krawędzi poprzecznych stelaża w momencie górowania i dołowania Słońca; 3. pionowe położenie paneli o godz. 6^{00} i 18^{00} w przeliczeniu na czas prawdziwy; 4. dobowy cykl obrotu paneli według czasu prawdziwego. Do kalibracji używane są mierzalne i obiektywne punkty odniesienia: 1. wyznaczenie kompasem kierunku osi północ-południe; 2. wyznaczenie poziomu i pionu za pomocą poziomicy i pionu; 3. określony według zegara czas prawdziwy, wyliczony po uwzględnieniu poprawki równania czasu do czasu lokalnego.

Kalibracja i uruchomienie trackera przebiega w następującej kolejności: 1. wychylenie kolumny wsporczej (2) pod kątem β stosownie do daty dziennej; 2. wypoziomowanie (według poziomicy) za pomocą siłownika (7) krawędzi poprzecznych (8) stelaża (4) w momencie górowania lub dołowania Słońca albo pionowanie paneli (według pionu) o godzinie 6^{00} i 18^{00} według czasu prawdziwego; 3. uruchomienie siłownika (7) obrotu wału i siłownika (6) wychylenia kolumny w zaprogramowanym interwale czasowym.

Awaryjne składanie trackera może nastąpić w dowolnym momencie (np. wskutek odczytu wiatromierza), natomiast kalibracja w adekwatnym czasie wystąpienia charakterystycznych sekwencji mechanizmu działania. Postępowanie awaryjne w przypadku silnego wiatru, konserwacji, mycia paneli: 1. wypoziomowanie poprzecznych krawędzi (8) stelaża za pomocą siłownika (7) obrotu wału; 2. Położenie kolumny do poziomu za pomocą siłownika (6) wychylenia kolumny.

Według wynalazku rzeczywiste ustawienie paneli względem Słońca jest następstwem ruchu wału (3) w wyniku złożenia ruchów obrotowych w osi O1 w cyklu roku słonecznego i w osi O2 w cyklu dobowym. W cyklu dobowym obrót wału z panelami w kolumnie wychylonej pod kątem β , skorelowany z adekwatnym ułożeniem paneli podczas górowania i dołowania Słońca oraz o godzinie 6^{00} i 18^{00} według czasu prawdziwego, implikuje prostopadłe ustawienie paneli do Słońca przez całą dobę.

Według wynalazku algorytm naprowadzania paneli fotowoltaicznych PV w systemie nadążnym, w układzie otwartym sterowania, według kalendarza słonecznego, azymutu, konstrukcji trackera z paralektycznymi osiami obrotu i mechanizmem zegarowym, jest następujący: jeżeli na bazie przedstawionego rozwiązania konstrukcyjnego zostaną zsynchronizowane poniższe komponenty: 1. wychylenie kolumny wsporczej w osi północ-południe pod kątem β ; 2. nastawienie paneli w adekwatnym położeniu względem czasu prawdziwego; 3. obrót paneli w cyklu dobowym; – to z natury rzeczy przez całą dobę panele będą ustawione prostopadłe do Słońca w jego pozornej wędrówce, co stanowi istotę trackera.

Umiejscowienie trackera w przykładzie wykonania na danej szerokości geograficznej pozwala skonkretyzować zakres działania mechanizmów trackera. Przykładowo dla Warszawy 21° E 52° N; kąt padania promieni słonecznych: przesilenie zimowe 14° i przesilenie letnie 61° natomiast wychylenie kątowe kolumny β , wyliczone na podstawie zależności $\beta = 90 - \alpha$ padania promieni w roku słonecznym dla danej szerokości geograficznej, zawiera się w granicach ok. 47° , pomiędzy 76° dla przesilenia zimowego i 29° dla przesilenia letniego. Poziome ułożenie krawędzi poprzecznych stelaża paneli występuje o godzinie 12.35 i 0.35 w czasie górowania i dołowania Słońca a pionowe ułożenie paneli o godzinie 6.35 i 18.35 według czasu lokalnego, po uwzględnieniu poprawki równania czasu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pozycjonowania paneli fotowoltaicznych PV w systemie nadążnym, w otwartym układzie sterowania, według kalendarza słonecznego i azymutu, z wykorzystaniem konstrukcji trackera z paraleltycznymi osiami obrotu i mechanizmem zegarowym, **znamienny tym**, że prostopadle ustawienie paneli (1) do Słońca, w czasie jego pozornej wędrówki po niebie, jest następstwem ruchu wału (3) w wyniku złożenia ruchów obrotowych w osi O1 w cyklu roku słonecznego i w osi O2 w cyklu dobowym, przy czym wał (3) osadzony jest w kolumnie wsporczej (2) usytuowanej w osi północ-południe i nastawianej uchylnie w osi O1 na północ pod kątem β , gdzie $\beta = 90^\circ - \alpha$ – kąt α padania promieni dla danej szerokości geograficznej, nadto do wału (3) zamocowany jest na sztywno stelaż (4) z panelami (1), z kolei obrót wału (3) w osi O2 jest równomierny w kierunku od wschodu do zachodu o 360° w cyklu dobowym, przy czym w cyklu dobowym obrotu wału (3) podczas górowania Słońca panele (1) są ustawione prostopadle do kierunku promieni słonecznych a krawędzie poprzeczne (8) do osi wału (3) w stelażu (4) są wypoziomowane.
2. Tracker dwuosiowy do pozycjonowania paneli fotowoltaicznych PV, składający się z kolumny wsporczej (2), podpory stabilizującej (5), wału (3) z panelami (1), siłowników (6) i (7) ze sterownikami, **znamienny tym**, że kolumna wsporcza (2) usytuowana w osi północ-południe jest w podstawie zamocowana do fundamentu uchylnie oraz nastawnie w osi O1, przy czym kolumna wychylana jest na północ pod kątem β , gdzie $\beta = 90^\circ - \alpha$ – kąt α padania promieni w roku słonecznym dla danej szerokości geograficznej, natomiast panele (1) w stelażu (4) są zamontowane na sztywno do wału (3) osadzonego obrotowo w kolumnie (2) wzdłuż osi podłużnej O2, do tego wolny koniec wału połączony jest przesuwnie z podporą stabilizującą (5) zakończoną do fundamentu, z kolei obrót wału w osiach O1 i O2 pozycjonuje panele prostopadle do kierunku padania promieni podczas górowania Słońca co implikuje wypoziomowanie poprzecznych do osi wału (3) krawędzi (8) w stelażu (4), przy czym wał (3) w osi O2 wykonuje równomiernie w kierunku od wschodu do zachodu obroty o 360° w cyklu dobowym od górowania do górowania Słońca, przy tym kalibracja trackera oparta jest na wykorzystaniu charakterystycznych sekwencji mechanizmu działania: wypoziomowanie poprzecznych krawędzi (8) w stelażu (4) podczas górowania lub dołowania Słońca albo pionowe ustawienie paneli o godzinie 6^{00} i 18^{00} według czasu prawdziwego natomiast w awaryjnym ustawieniu trackera poprzeczne krawędzie (8) w stelaża (4) są wypoziomowane a kolumna wsporcza (2) wychylona do poziomu.

Rysunek

Fig. 1

