

Mechanizm satelitowy hydraulicznej maszyny wyporowej

Przedmiotem wynalazku jest mechanizm satelitowy hydraulicznej maszyny wyporowej. Wynalazek ma zastosowanie zwłaszcza do pomp i silników hydraulicznych jako mechanizm roboczy przetwarzający energię z mechanicznej na hydrauliczną lub odwrotnie.

Znany jest silnik hydrauliczny satelitowy według opisu patentowego PL nr 71 329 utworzony z wielogarbnej krzywki wewnętrznej zwanej planetą, licznych zazębionych z nią satelitów oraz zazębionej z nią wielogarbnej krzywki zewnętrznej o wielu garbach skierowanych do wewnątrz zwanej obwodnicą. Silnik ten przy swej mocy nie wykorzystuje właściwie gabarytu zewnętrznego z uwagi na zbyt duże promienie, którymi zaokrąglone są garby we wrębie i na wierzchołku (wzniosie) obwodnicy. Zmniejszenie tych promieni jest ograniczone zarówno względami technologicznymi wykonania jak i wymaganiami prawidłowości zazębienia zespołu „planeta-satelita-obwodnica”. Inną trudnością w znanym silniku jest konieczność utrzymania stałej zależności optymalnej obydwu tych promieni, albowiem zmniejszenie jednego z nich wywołuje jednocześnie zwiększenie drugiego.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL 137642 hydrauliczny silnik satelitowy utworzony z wielogarbnej krzywki wewnętrznej zwanej planetą, licznych satelitów zazębionych z planetą i z wielogarbną krzywką zewnętrzną zwaną obwodnicą, w którym garby obwodnicy we wrębach zaokrąglone są promieniem o wielkości od 1,1 do 1,5 średnicy satelity, natomiast na wzniosach promieniem o wielkości od 0,5 do 0,7 średnicy podziałowej satelity.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL 218888 satelitowy mechanizm roboczy hydraulicznej maszyny wporowej składający się z czterogarbnej planety, sześciogarbnej obwodnicy i dziesięciu satelitów. Opisano satelitowy mechanizm roboczy hydraulicznej maszyny wporowej składającej się z wirnika, który ukształtowany jest na okręgu o promieniu R_1 , zębów oraz obwiedni charakteryzuje się według wynalazku tym, że garby wirnika w obszarach wierzchołkowych ukształtowane są z łuków o promieniu zawartym w przedziale $\langle 0,14 R_1; 1,0 R_1 \rangle$, zaś minima wklęsłości zawarte są w przedziale $\langle 0; 0,30 R_1 \rangle$, a maksima wypukłości zawarte są w przedziale $\langle 0; 0,30 R_1 \rangle$. Zarys zębów satelitów w obszarze przyporu jest linią ewolwentową, która w obszarze podstawy przechodzi w linię łukową o promieniu R_6 , a następnie w linię łukową o promieniu R_7 , po czym przechodzi w linię łukową o promieniu R_6 , która przechodzi w linię ewolwentową w obszarze przyporu, a w obszarze wierzchołka przechodzi w linię łukową o promieniu R_6 , a następnie w linię łukową o promieniu R_7 , po czym przechodzi w linię łukową o promieniu R_6 . Wysokość stopy HS_1 zęba jest co najwyżej równa wysokości głowy HG_1 zęba, przy czym poszczególne wymiary geometryczne spełniają następujące zależności:

$$R_7 = (R_5; + \infty), R_6 = (0,10 - 0,40)m, R_5 = (0,60 - 1,00)m, HS_1 = (0,65 - 0,75)m, HG_1 = (0,65 - 0,75)m,$$

gdzie: m - oznacza moduł koła zębatego, R_5 - promień zewnętrznego okręgu. W innym wynalazku wirnik zbudowany jest tak samo jak w pierwszym wynalazku, natomiast zarys zębów satelitów w obszarze przyporu jest linią ewolwentową, po czym w obszarze podstawy linia ewolwentowa przechodzi w linię łukową o promieniu R_8 , a następnie w obszarze przyporu przechodzi w linię ewolwentową, która w obszarze wierzchołka przechodzi w linię łukową o promieniu R_8 . Wysokość stopy HS_2 zęba jest co najwyżej

równa wysokości głowy HG2 zęba, przy czym poszczególne wymiary geometryczne spełniają następujące zależności:

$$R8 = (0,65 - 0,72)m, HS2 = (0,30 - 1,20)m, HG2 = (0,30 - 1,20)m,$$

gdzie: m - oznacza moduł koła zębatego.

Wynalazek charakteryzuje się dużą wytrzymałością zębów mechanizmu oraz znaczną sprawnością przetwarzania energii.

Niedogodnością znanych mechanizmów satelitowych jest niekorzystne zużycie zębów planety w miejscu styku wrębu garbu ze wzniosem garbu co obniża trwałość tych mechanizmów. Niedogodność ta wynika ze skokowej zmiany wartości promienia w punkcie styczności wrębu garbu ze wzniosem garbu, co powoduje skokową zmianę wartości przyspieszenia satelity w momencie jej przechodzenia przez ten punkt i tym samym skokową zmianę wartości siły działającej na zęby planety i satelity.

Celem wynalazku jest opracowanie mechanizmu satelitowego o konstrukcji pozbawionej powyższych niedogodności, charakteryzującego się mniejszymi stratami mechanicznymi oraz większą trwałością.

Cel ten nieoczekiwanie osiągnięto w mechanizmie satelitowym z czterogarbną zewnątrznie uzębioną planetą, pięciogarbną lub sześciogarbną lub siedmiogarbną wewnątrznie uzębioną obwodnicą i satelitami, którego konstrukcja jest opisana i wyznaczona przez opracowaną formułę. Istota polega zatem na konstrukcji garbów planety utworzonych przez linie toczną LT spełniającą podaną poniżej formułę. Konstrukcja jest czterogarbną krzywką wewnątrznie zewnątrznie uzębioną zwaną planetą, pięciogarbną lub sześciogarbną lub siedmiogarbną krzywką zewnątrznie wewnątrznie

uzębioną zwaną obwodnicą i satelitami. Przy czym ilość satelitów jest równa sumie ilości garbów planety i ilości garbów obwodnicy. Garby planety utworzone są przez linię toczną LT ukształtowaną na okręgu OK o średnicy D. Ta linia toczna LT tworzy zatem garby na planecie wg opracowanej formuły. Przy czym opracowano, że linia toczna LT ma być poprowadzona w mechanizmie satelitowym w ten sposób aby dla dowolnego kąta α o wartości z przedziału $\langle 0, 360^\circ \rangle$ istniał punkt przecięcia PP półprostej K o początku w środku SP obrotu planety z linią toczną LT, którego odległość R od środka SP obrotu planety P ma wartość spełniającą zależność:

$$R = \frac{D}{2} - A \cdot \cos(4 \cdot \alpha) \text{ lub } R = \frac{D}{2} - A \cdot \sin(4 \cdot \alpha),$$

przy czym kąt α ma wierzchołek w środku SP obrotu planety a ramiona tego kąta stanowią dowolną oś układu współrzędnych XY o początku w środku SP obrotu planety P i półprosta K,

R – odległość punktu PP na linii tocznej LT od środka SP obrotu planety P,

D – średnica okręgu OK planety P,

A – maksymalna odległość punktu PP od kręgu OK.

Niewiadome we wzorze to A, D i R. W powyżej opisany sposób ustala się metodę utworzenia linii tocznej LT czyli konstrukcję garbów planety. Sposób ten umożliwia zastosowanie opracowanej formuły przy stosowaniu wyżej ustalonych zasad do opracowywania mechanizmu w łatwy sposób przy użyciu komputera. Zatem komputerowo wyznacza się kształt planety P, przy czym wystarczy przyjąć zbiór wartości kąta α z przedziału $\langle 0, 360^\circ \rangle$ i obliczyć według powyższej formuły odpowiadające tym wartościom przyjętego kąta α wartości odległości R punktu PP od środka SP obrotu planety P celem opracowania pełnej linii tocznej LT planety P. Osoba w stanie techniki z

mechaniki i matematyki znając powyższe czynności w sposób oczywisty dla niej opracuje wynalazek.

Ustalono według wynalazku, że maksymalna odległość A punktu PP od okręgu OK występuje w osi symetrii OZ wzniosu garbu WZ oraz w osi symetrii OR wrębu garbu WR. Kąt β między tymi osiami wynosi 45° . Stosunek maksymalnej odległości A do średnicy okręgu D korzystnie jest mniejszy lub równy 0,15 co umożliwia wykonanie mechanizmu z minimalnymi stratami mechanicznymi i o płynnym obtaczaniu się satelity po wierzchołku garbu obwodnicy.

Sposób wyznaczenia konstrukcji opisano dokładnie w przykładzie wykonania.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest płynna zmiana wartości przyspieszenia satelity podczas obtaczania z wrębu garbu do wzniosu garbu planety i odwrotnie oraz płynna zmiana sił działających na zęby planety i satelity co korzystnie wydłuża trwałość mechanizmu.

Mechanizm satelitowy według wynalazku zapewnia obniżenie strat mechanicznych w maszynach wyporowych (pompach i silnikach hydraulicznych) zawierających ten mechanizm oraz wydłuża ich żywotność (trwałość).

Przedmiot wynalazku został przybliżony w przykładzie wykonania i na rysunkach, gdzie fig. 1 przedstawia ogólny schemat budowy mechanizmu satelitowego z czterogarbną planetą, pięciogarbną obwodnicą i dziewięcioma satelitami, fig. 2 przedstawia ogólny schemat budowy mechanizmu satelitowego z czterogarbną planetą, sześciogarbną obwodnicą i dziesięcioma satelitami, fig. 3 przedstawia ogólny schemat budowy mechanizmu satelitowego z czterogarbną planetą, siedmiogarbną obwodnicą i

jedenastoma satelitami a fig. 4 przedstawia budowę czterogarbnej planety. Fig. 4 jest wspólna dla wszystkich przykładów. Parametry mają inne wartości w każdym przykładzie.

Oznaczenia:

O – obwodnica,

P – planeta,

S – satelita,

D – średnica okręgu OK planety P,

A – maksymalna odległość punktu PP od kręgu OK,

R – odległość od środka SP obrotu planety P do punktu PP na linii tocznej LT,

K – półprosta o początku w środku SP obrotu planety P przechodząca przez punkt PP na linii tocznej LT,

WZ – wznios garbu,

WR – wręb garbu,

OZ – oś symetrii wzniosu garbu,

OR – oś symetrii wrębu garbu,

PP – punkt przecięcia półprostej K z linią toczną LT zębów planety P,

LT – linia toczna zębów planety P,

SP – środek obrotu planety P,

α – kąt o początku w środku SP obrotu planety P i o ramionach utworzonych przez dowolną oś układu współrzędnych XY i prostą K,,

β – kąt między osią symetrii OR wrębu garbu WR i osią symetrii OZ wzniosu garbu

WZ.

Przykład 1

Mechanizm satelitowy hydraulicznej maszyny wyporowej zwany dalej jako mechanizm roboczy opracowano w sposób opisany powyżej. Liczba satelitów jest równa sumie ilości garbów planety i ilości garbów obwodnicy. Ukształtowanie garbów planety tworzy się przez opracowywaną komputerowo linię toczną LT ukształtowaną na okręgu OK o średnicy D. Ustalono, że linia toczna LT ma być poprowadzona w mechanizmie satelitowym w ten sposób aby dla dowolnego kąta α o wartości z przedziału $(0,360)$ istniał punkt przecięcia PP półprostej K o początku w środku SP obrotu planety z linią toczną LT, którego odległość R od środka SP obrotu planety P ma wartość spełniającą zależność:

$$R = \frac{D}{2} - A \cdot \cos(4 \cdot \alpha)$$

Formułę tą i powyższe dane wprowadza się do programu komputerowego celem wyznaczenia linii LT. Jak pokazano na fig. 1 satelitowy mechanizm roboczy w tym przykładzie ustalono tak aby zawierał czterogarbną planetę P, dziewięć satelitów S oraz pięciogarbną obwodnicę O dopasowaną do satelitów S i planety P. Liczba zębów satelity wynosi 8, liczba zębów planety wynosi 68, liczba zębów obwodnicy wynosi 85 a moduł zębów wynosi 1,0mm. Następnie poprzez opracowaną formułę, dla ustalonych wartości kąta α podanych niżej ustala się powyższe wartości opisujące ukształtowanie mechanizmu. W pierwszej kolejności przyjmuje się liczbę zębów na garbie planety i oblicza się liczbę zębów na całej planecie. Jest to znane osobie w stanie techniki. Następnie oblicza się liczbę zębów na obwodnicy wiedząc, że liczba zębów na garbie obwodnicy jest równa liczbie zębów na garbie planety. Kolejno, znając długość linii

tocznej LT planety i liczbę zębów planety, oblicza się moduł zębów. Potem oblicza się średnicę satelity. Znając średnicę satelity i moduł zębów oblicza się ilość zębów na satelicie.

Jak pokazano na fig. 4 czterogarbna planeta P jest ukształtowana przez linię toczną LT na okręgu OK o przyjętej wartości średnicy $D=66,095\text{mm}$ i przyjętej wartości maksymalnej odległości punktu PP od okręgu OK wynoszącej $A=2,833\text{mm}$. Podczas projektowania konstrukcji mechanizmu przyjmuje się dowolną wartość średnicy D i odległości A, np. $D=70\text{mm}$ i $A=3,0\text{mm}$. Przyjęto również 17 zębów na garbie planety, czyli $17 \cdot 4 = 68$ zębów na całej planecie. Obliczona długość linii tocznej LT wynosi $226,25\text{mm}$ a obliczony moduł zębów $m=1,059\text{mm}$. Przyjmuje się najbliższą wartość znormalizowaną, czyli w tym przypadku jest to $m=1,0\text{mm}$. Wobec tego przyjętą średnicę D i odległość A należy przeskalować o wartość $1/1,059$. Maksymalna odległość A znajduje się w osi symetrii OZ wzniosu garbu WZ i w osi symetrii OR wrębu garbu WR. Kąt pomiędzy osią symetrii OZ wzniosu garbu WZ i osią symetrii OR wrębu garbu WR wynosi $\beta=45^\circ$. Stosunek odległości A do średnicy D jest mniejszy od dopuszczalnej wartości 0,15 i jest tym przykładzie równy $A/D=0,0428$. Odległość R punktu PP leżącego na linii tocznej LT od środka SP obrotu planety P jest obliczona według wzoru $R = \frac{66,095}{2} - 2,833 \cdot \cos(4 \cdot \alpha)$. Kąt α znajduje się między osią Y układu współrzędnych a półprostą K przechodzącą przez punkt PP. Aby ustalić przebieg linii LT wartości odległości R obliczono dla zbioru 36000 wartości kąta α z przedziału $\langle 0, 360^\circ \rangle$, gdzie pierwsza wartość kąta $\alpha = 0^\circ$, druga wartość kąta $\alpha = 0,01^\circ$, trzecia wartość kąta $\alpha = 0,02^\circ$ i tak dalej aż do ostatniej wartości kąta $\alpha = 359,99^\circ$. Np. dla $\alpha = 12,6^\circ$ jest $R = 31,242\text{mm}$.

Minimalna odległość R punktu PP leżącego na linii toczonej LT od środka SP obrotu planety P wynosi $R_{min}=30,215\text{mm}$ i występuje dla kąta $\alpha=0^\circ,60^\circ,120^\circ,180^\circ,240^\circ,300^\circ$.

Maksymalna odległość R punktu PP leżącego na linii toczonej LT od środka SP obrotu planety P wynosi $R_{max}=35,880\text{mm}$ i występuje dla kąta $\alpha=30^\circ,90^\circ,150^\circ,210^\circ,270^\circ,330^\circ$.

Praktyczne zastosowanie mechanizmu w hydraulicznej maszynie wyporowej polega na jego zamontowaniu w tej maszynie. Mechanizm umożliwia zatem w przypadku pompy przetworzenie energii mechanicznej na energię hydrauliczną w postaci strumienia cieczy pod ciśnieniem lub odwrotnie w przypadku silnika hydraulicznego.

Przykład 2

Mechanizm satelitowy opracowano według podobnego powyższego sposobu.

Jak pokazano na fig. 2 satelitowy mechanizm roboczy w tym przypadku zawiera czterogarną planetę P, dziesięć satelitów S oraz sześciogarną obwodnicę O dopasowaną do satelitów S i planety P. Liczba zębów satelity wynosi 9, liczba zębów planety wynosi 40, liczba zębów obwodnicy wynosi 60 a moduł zębów wynosi 1,75mm.

Konstrukcja czterogarnnej planety jest podobna do tej opisanej w przykładzie 1 z tym, że przyjęta wartość średnicy okręgu OK wynosi $D=68,039\text{mm}$, przyjęta wartość maksymalnej odległości punktu PP od okręgu OK wynosi $A=2,916\text{mm}$ a stosunek tej odległości A do średnicy D wynosi $A/D=0,0429$ i jest korzystnie mniejszy od dopuszczalnej wartości 0,15.

Odległość R punktu PP leżącego na linii toczonej LT od środka SP obrotu planety P jest obliczona według wzoru $R = \frac{68,039}{2} - 2,916 \cdot \cos(4 \cdot \alpha)$. Np. dla $\alpha=34,46^\circ$ jest $R=36,181\text{mm}$. Minimalna odległość R punktu PP leżącego na linii toczonej LT od środka SP obrotu planety P wynosi $R_{min}=31,104\text{mm}$ a maksymalna $R_{max}=36,936\text{mm}$.

Praktyczne zastosowanie mechanizmu w hydraulicznej maszynie wyporowej polega na jego zamontowaniu w tej maszynie. Mechanizm umożliwia zatem w przypadku pompy przetworzenie energii mechanicznej na energię hydrauliczną w postaci strumienia cieczy pod ciśnieniem lub odwrotnie w przypadku silnika hydraulicznego.

Przykład 3

Jak pokazano na fig. 3 satelitowy mechanizm roboczy w tym przypadku zawiera czterogarną planetę P, jedenaście satelitów S oraz siedmiogarną obwodnicę O dopasowaną do satelitów S i planety P. Liczba zębów satelity wynosi 40, liczba zębów planety wynosi 112, liczba zębów obwodnicy wynosi 196 a moduł zębów wynosi 0,6mm.

Konstrukcja czterogarniej planety jest podobna do tych opisanych w przykładach 1 i 2 z tym, że przyjęta wartość średnicy okręgu OK wynosi $D=65,858\text{mm}$, przyjęta wartość maksymalnej odległości punktu PP od okręgu OK wynosi $A=2,367\text{mm}$ a stosunek tej odległości A do średnicy D wynosi $A/D=0,0359$ i jest korzystnie mniejszy od dopuszczalnej wartości 0,15. Odległość R punktu PP leżącego na linii tocznej LT od środka SP obrotu planety P jest obliczona według wzoru $R = \frac{65,858}{2} - 2,367 \cdot \cos(4 \cdot \alpha)$. Np. dla $\alpha=21,15^\circ$ jest $R=32,706\text{mm}$. Minimalna odległość R punktu PP leżącego na linii tocznej LT od środka SP obrotu planety P wynosi $R_{\min}=30,562\text{mm}$ a maksymalna $R_{\max}=35,296\text{mm}$.

Praktyczne zastosowanie mechanizmu w hydraulicznej maszynie wyporowej polega na jego zamontowaniu w tej maszynie. Mechanizm umożliwia zatem w przypadku pompy przetworzenie energii mechanicznej na energię hydrauliczną w postaci strumienia cieczy pod ciśnieniem lub odwrotnie w przypadku silnika hydraulicznego.