

inż. Karol Sieczka, email : krlsieczka@gmail.com

dr inż. Piotr Skawiński, email : psk@simr.pw.edu.pl

Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

Projekt konstrukcyjny i wykonanie prototypu mechanizmu Jansena

Streszczenie: W artykule przedstawiono budowę i wykonanie mechanizmu krocącego wykorzystującego układ Jansena. Projekt zamodelowano w programie SolidWorks 2010. Zbudowano działający prototyp pozwalający na dalsze badania mechanizmu. Mechanizm porusza się do przodu i do tyłu dzięki zastosowaniu przekładni pasowej z paskiem zębatym i silnika krokowego.

The construction project and making the prototype of the Jansen mechanism

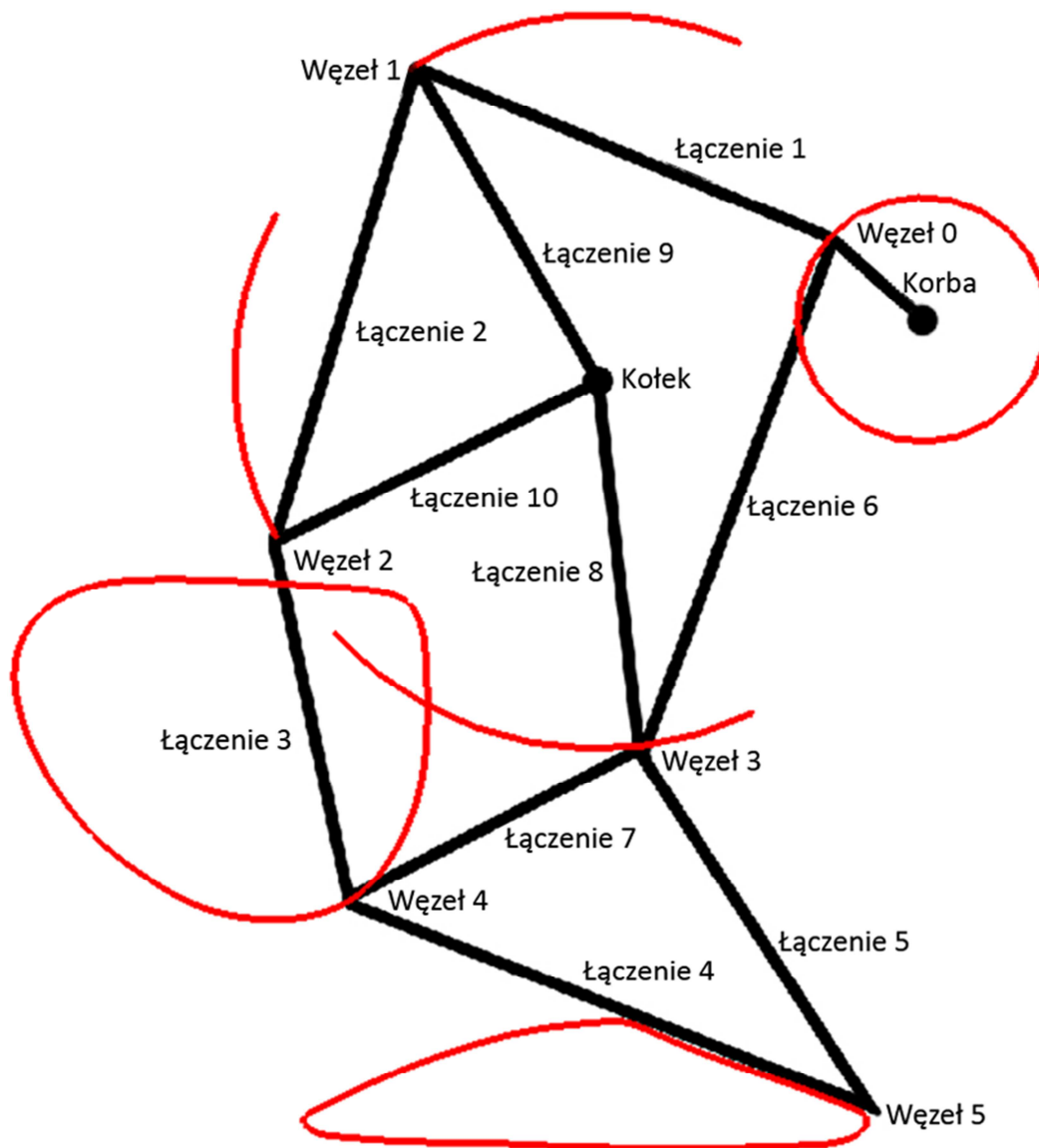
Abstract: In the paper a design and executing the striding mechanism using the arrangement of Jansen mechanism were presented. Project was made in the SolidWorks 2010 program. A working prototype allowing for further research of the mechanism was built. The mechanism is moving ahead and to the back thanks to applying the belt transmission gear with the toothed belt and of stepping motor.

1. Wprowadzenie

Człowiek jako istota posiada szereg ograniczeń, takich jak prędkość poruszania się czy też siła. W celu poprawy naszych słabości rozpoczęto konstruowanie i budowanie maszyn, które w znacznym stopniu zwiększą nasze możliwości. Jedną z grup takich maszyn są pojazdy, jednakże większość z nich oparta jest na podwoziu kołowym.

Niestety nie zawsze jest ono wystarczające. Jak wiadomo w naturze żadne ze stworzeń nie wykorzystuje koła, co nie przeszkadza im szybko biegać, wspinać się czy też pływać. Na podstawie takich obserwacji holenderski naukowiec artysta Theo Jansen stworzył swój mechanizm. Główną różnicą między obecnymi konstrukcjami, a rozwiązaniem Jansena jest to, że nie potrzeba tu serwo-mechanizmów, siłowników ani skomplikowanych układów sterowania aby wprowadzić mechanizm w ruch. Jansen do napędu swoich konstrukcji wykorzystuje siłę wiatru.

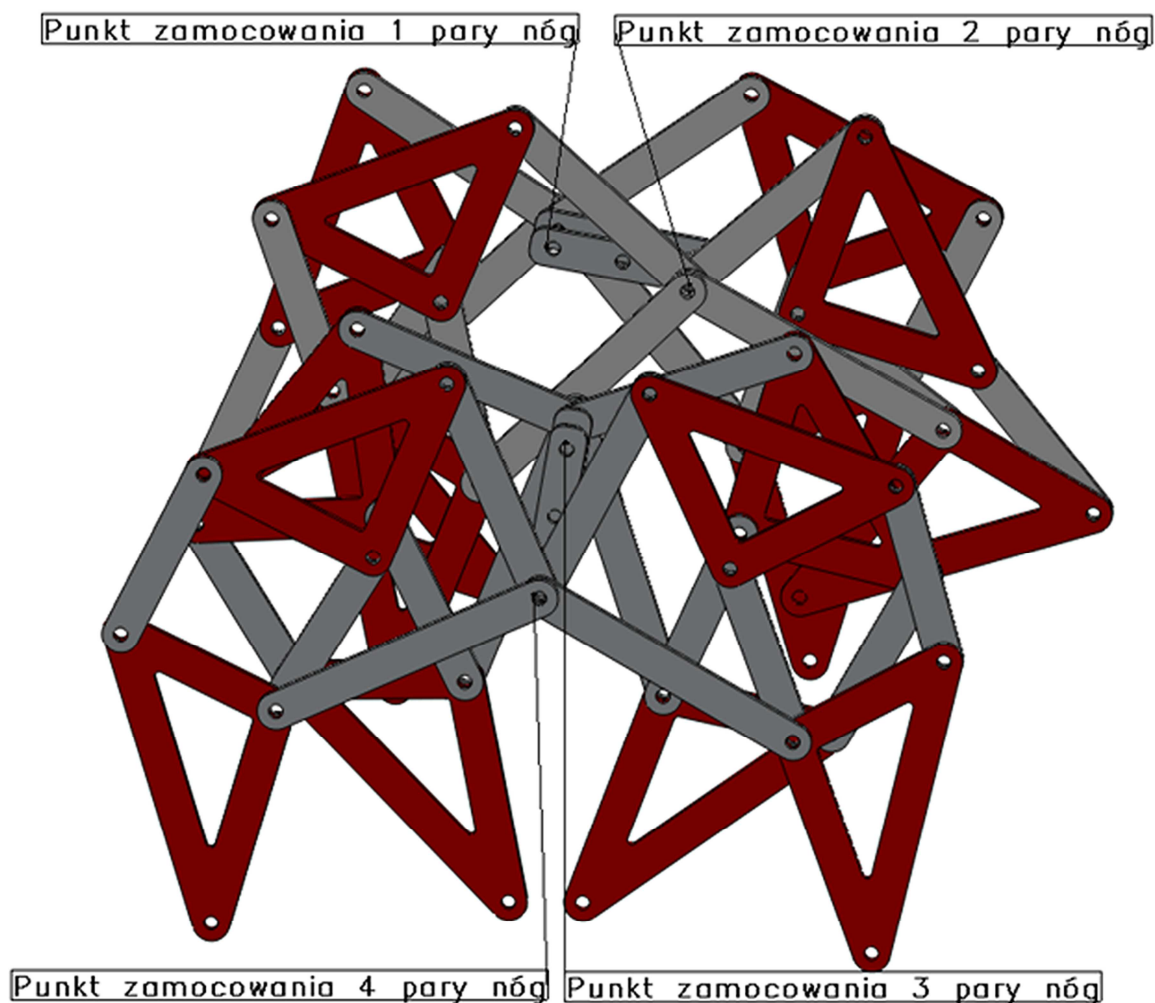
W realizacji projektu wykorzystany został tylko schemat kinematyczny stworzony przez Jansena, który przedstawiony jest na rys.1. Układ ten jest zwielokrotnionym połączeniem prętów o odpowiednio dobranych długościach, których wartości uzyskane zostały w wyniku analiz przeprowadzonych przez autora. Węzeł 5 ma bezpośredni kontakt z podłożem, natomiast noga zamocowana jest do podstawy za pomocą połączenia sworzniowego (kołka). Dzięki obrotowi korby noga porusza się, a kolejne położenia poszczególne punktów tworzą trajektorie oznaczone na rys.1 kolorem czerwonym.



Rys. 1 Schemat połączeń prętów tworzących mechanizm Jansena, wraz z trajektoriami kreślonymi przez poruszające się punkty

2. Budowa modelu

Celem tej pracy było zaprojektowanie mechanizmu kroczącego, który opierał się będzie na rozwiązaniu zaproponowanym przez Jansena, mogącym poruszać się do przodu i do tyłu. Dzięki zastosowanemu napędowi i sterownikowi możliwa jest zmiana prędkości i kierunku poruszania. Do napędu mechanizmu wykorzystano silnik krokowy i przekładnię pasową z paskiem zębatym. Moment obrotowy z silnika za pomocą przekładni pasowej przenoszony jest na wspólną oś, która napędza nogi urządzenia. W celu zapewnienia płynnego ruchu podczas wykonywania kroku użyto 8 nóg, tworzących podwójne pary po każdej ze stron podstawy. Rozwiązanie takie zapewnia w każdym momencie minimum 3 punkty podparcia. Nogi te względem siebie mają odpowiednie przesunięcie kątowe, co oznacza że każda noga zamontowana jest co 90 stopni względem poprzedniej. Układ ten przedstawiono na rys.2.

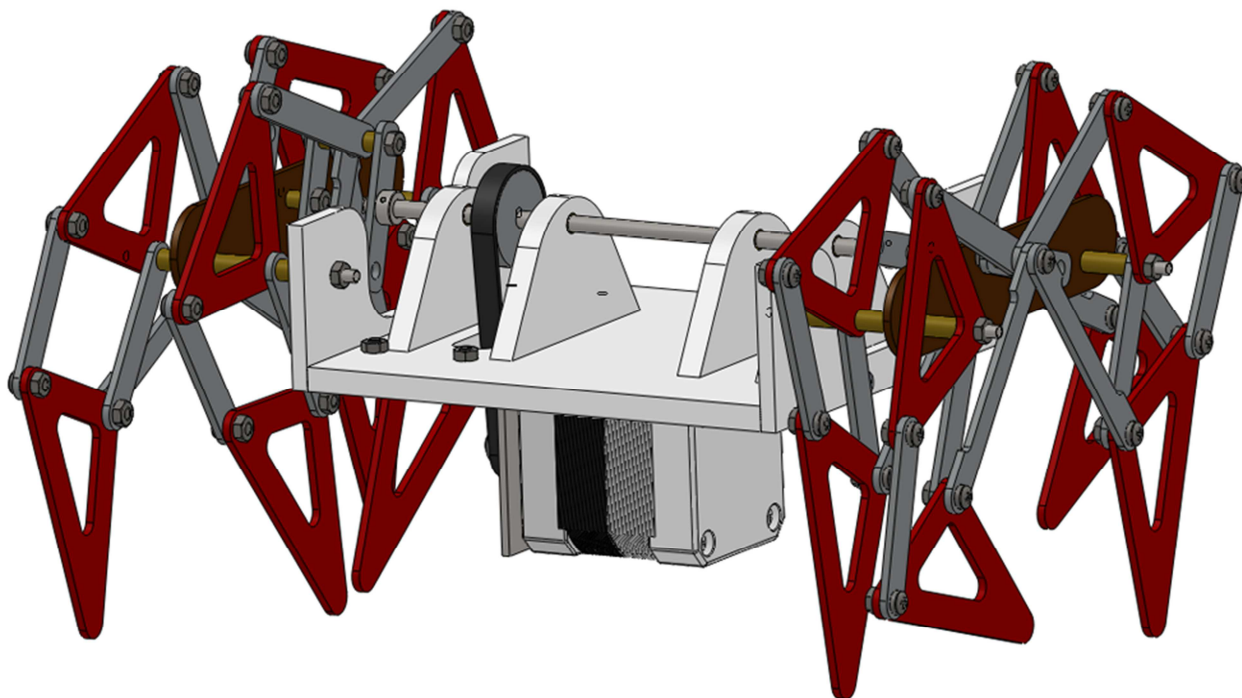


Rys. 2 Oznaczenie punktów zamocowania odpowiednich nóg mechanizmu

Poza odpowiednim zamocowaniem nóg należało zamodelować podstawę, do której będzie można zamocować silnik wraz z przekładnią i pozostałymi elementami mechanizmu. Do zbudowania modelu w programie komputerowym CAD zostało użyte 261 elementów. Do połączenia tych wszystkich elementów zostały wykorzystane różne typy wiązań, głównie: koncentryczne, wspólne, wiązania odległości. W sumie aby uzyskać model o takiej budowie oraz zapewnić mu odpowiednie działanie wykorzystano 750 wiązań.

Następnym krokiem w procesie modelowania i budowy prototypu były analizy i symulację za pomocą modułu CosmosMotion (SolidWorks 2010). Wykorzystując możliwość śledzenia ścieżki którą daje program, wyznaczono trajektorie punktów poszczególnych elementów, a następnie uzyskano charakterystyki obrazujące przebieg potrzebnego momentu obrotowego. Na podstawie uzyskanych wyników dobrany został silnik krokowy unipolarny o wartości momentu obrotowego równej 0.35 [Nmm] i krokiem 1.8 stopnia. Do przeniesienia napędu z silnika na oś mechanizmu wykorzystano przekładnię pasową z pasem zębatym o przełożeniu $i = 2$. Pozwoliło to zwiększyć wartość momentu napędowego na osi, a wykorzystanie paska powoduje tłumienie drgań i ewentualnych szarpnięć generowanych przez silnik w zakresie małych prędkości obrotowych.

Dodatkowo w przypadku pasów zębatych właściwie całkowicie wyeliminowany jest efekt poślizgu pasa, co zapewnia przenoszenie momentu w sposób ciągły. Tak przygotowany model po ostatecznym sprawdzeniu i ponownej analizie mającej na celu wykluczenie wzajemnych przenikań się części lub też kolizji, gotowy był do opisu za pomocą rysunków 2D. Kompletne złożenie mechanizmu przedstawia rys.3.



Rys. 3 Widok gotowego modelu wykorzystującego mechanizm Jansena

3. Montaż urządzenia

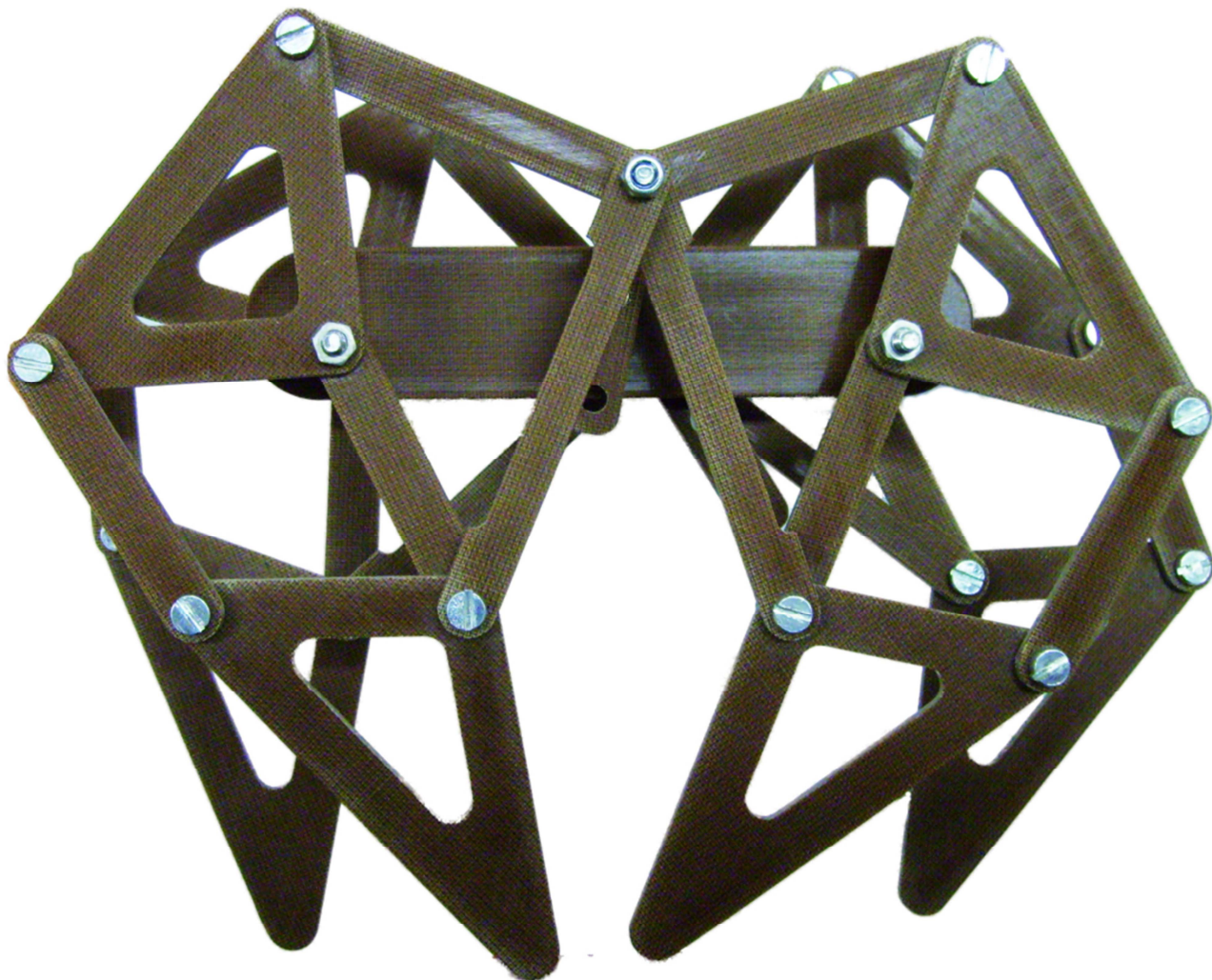
Elementy, z których wykonany został mechanizm zostały wykonane w Laboratorium Komputerowo Wspomaganych Technik Wytwarzania w Instytucie Podstaw Budowy Maszyn na wydziale SiMR Politechniki Warszawskiej. Elementy użyte do budowy mechanizmu wykonano z :

- tekstolitu o grubości 2 mm – nogi i mocowanie kołków;
- płyty z PMMA (pleksi) o grubości 6 mm – podstawa;
- płyty z PMMA (pleksi) o grubości 4 mm – ściany boczne;
- rurki mosiężne o średnicy 4mm – łożyska ślizgowe;
- rurki mosiężne o średnicy 5mm – tuleje dystansowe;
- pręt stalowy o średnicy 4mm – osie i kołki mocujące;
- blachy aluminiowej o grubości 2 mm – mocowanie silnika.

Elementy, z których składa się mechanizm połączone są za pomocą śrub M3, jako łożyska ślizgowe wykorzystane zostały tuleje mosiężne, które przed zmontowaniem zostały zwilżone smarem stałym w celu zmniejszenia tarcia. Silnik krokowy służący jako źródło napędu do prawidłowego działania potrzebuje odpowiedniego sterownika. Do tego celu został wykorzystany gotowy sterownik, który pozwala na regulację obrotów silnika (za pomocą potencjometru) oraz na zmianę kierunku obrotów. Sterowanie całego mechanizmu odbywa się za pomocą pilota na którym umieszczono odpowiednio oznaczone przyciski.

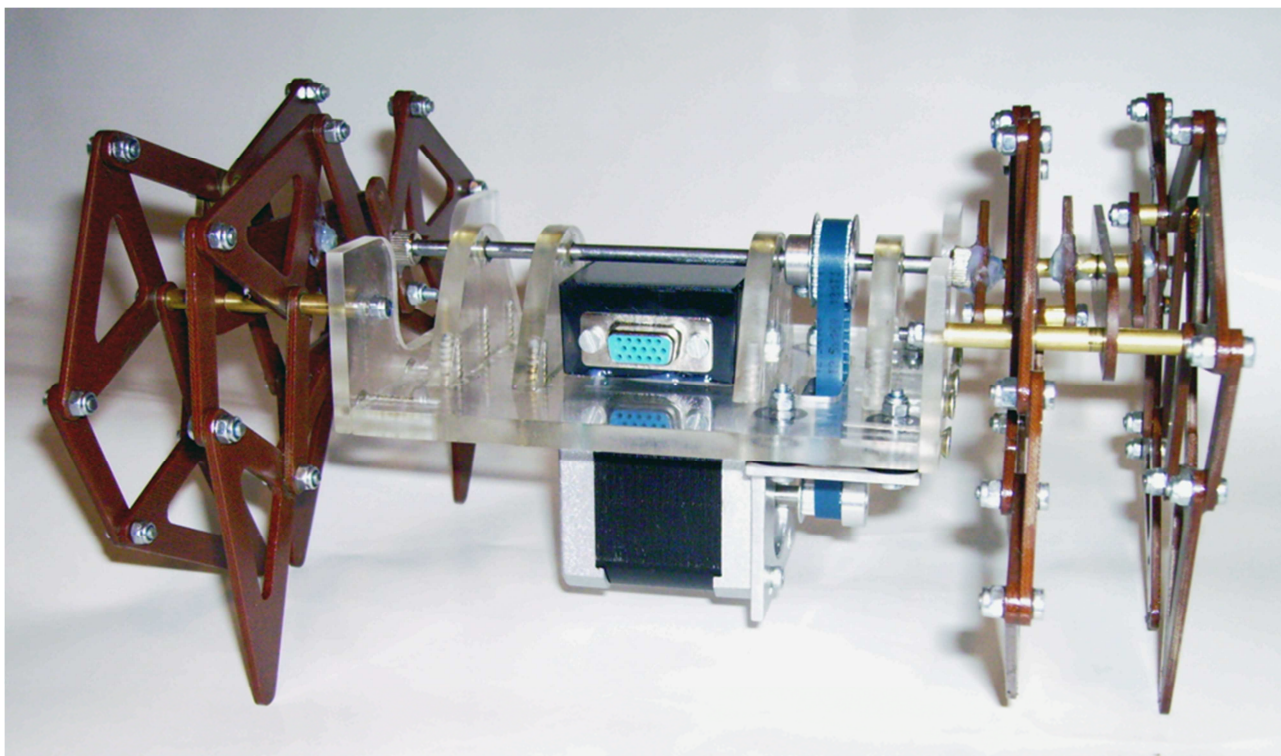
Sterownik, a tym samym silnik zasilany jest za pomocą zasilacza sieciowego, takie rozwiązanie posiada ograniczenie wpływające na zakres ruchu odpowiadający długości przewodu łączącego silnik ze sterownikiem. Alternatywą mogłoby być sterowanie drogą radiową lub poprzez wykorzystanie sieci Ethernet, co oczywiście zwiększyło by koszty całego urządzenia.

Montaż urządzenia rozpoczęto od osadzenia kół pasowych zębatych na osi mechanizmu i osi silnika, później zamocowano boki mechanizmu do podstawy. Następnie połączono ze sobą elementy tworzące pojedyncze nogi. Po umieszczeniu tulejek w otworach nogi można było połączyć je w pary, a te znowu w zespoły nóg dla lewej i prawej strony urządzenia, co przedstawia rysunek 4.

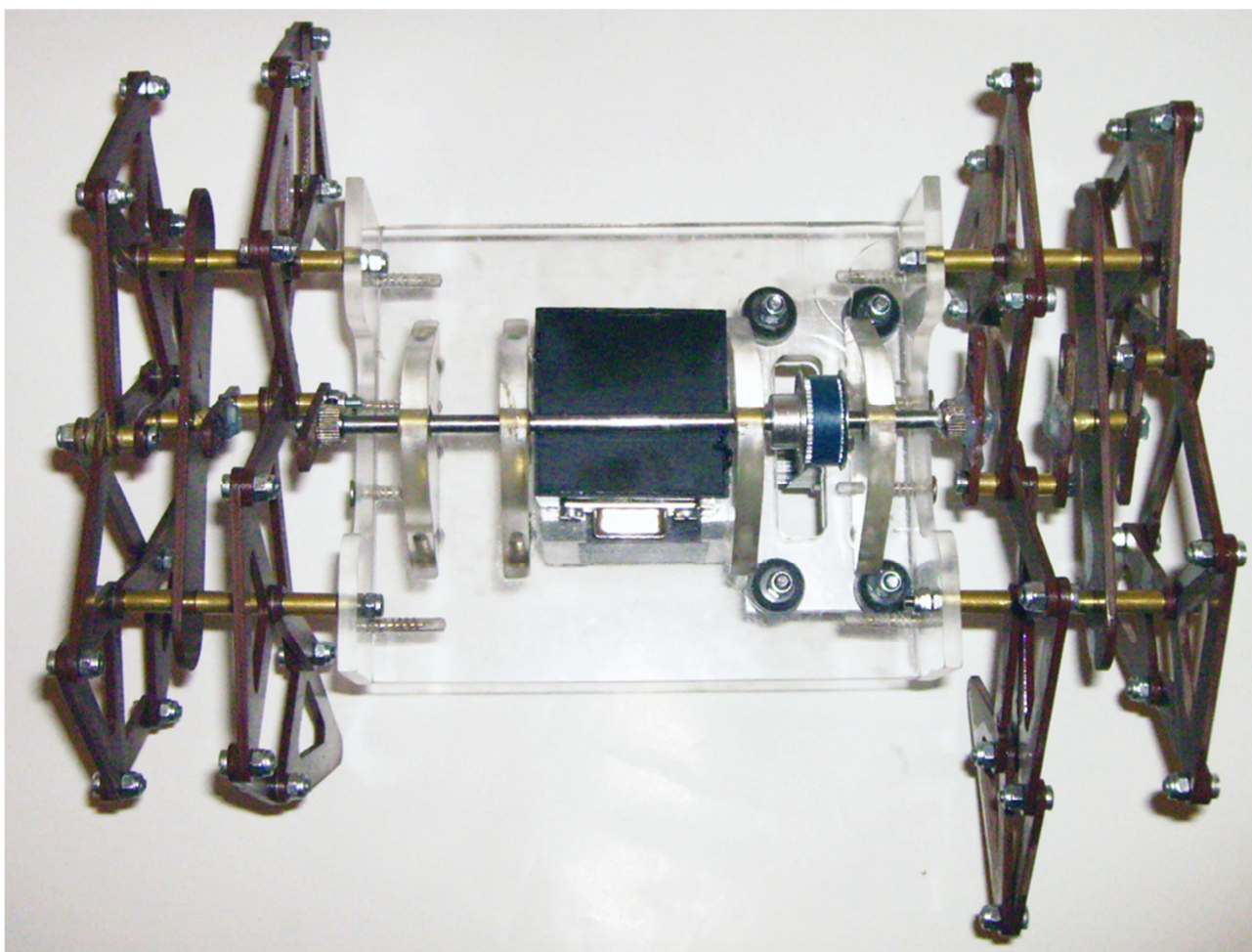


Rys. 4 Zmontowane nogi, przygotowane do zamocowania do podstawy

Ważną rzeczą, na którą należało zwrócić uwagę było połączenie nóg tak, aby zachować założone na początku przesunięcie kątowe. Tak przygotowane części po uprzednim przygotowaniu silnika i paska zębatego zostały zmontowane tworząc kompletny mechanizm. Ostateczną czynnością była regulacja naciągu paska i nasmarowanie współpracujących elementów olejem wazelinowym. Rys. 5 i 6 przedstawiają rzeczywisty wygląd mechanizmu wykorzystującego układ Jansena.



Rys. 5 Kompletny mechanizm Jansena – widok z przodu



Rys. 6 Kompletny mechanizm Jansena – widok z góry

4. Wnioski i spostrzeżenia

Fakt, że mechanizm działa jest wystarczającym wnioskiem potwierdzającym prawidłowość projektu. Podczas ruchu mechanizmu pojawiają się momenty, w których można zaobserwować nieznaczne blokowanie ruchu, co może wynikać z dokładności wykonania i montażu mechanizmu. Konstrukcje, w których zastosowane są elementy o tak małych wymiarach okazują się często trudniejsze w montażu i wykonaniu niż projekty duże. Trudno o dostępność półfabrykatów, z których z kolei wykonywane są detale, jak również samo ich wykonanie. Dodatkowe problemy mogą pojawiać się przy montażu – problem z podejściem narzędziami.

Jednakże projekt należy traktować jako etap przedprototypowy – budowa modelu mechanizmu i weryfikacja konstrukcji. Mechanizm tego typu można wykorzystać jako transportową platformę kroczącą np. w zastosowaniach specjalnych i wojskowych. Autorzy zdają sobie sprawę z tego, że do finalnego wyrobu gotowego do produkcji w warunkach przemysłowych konieczne jest prowadzenie dalszych prac badawczych (analiz kinematycznych), konstrukcyjnych i technologicznych, jednak pierwsze kroki zostały już poczynione.

Literatura:

1. Kurmaz L.W.: Projektowanie węzłów i części maszyn”, Kielce 2006 , Politechnika Świętokrzyska,
2. Praca zbiorowa „Mały poradnik mechanika, Tom I i II”, Warszawa 1994, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne,
3. Strona internetowa - <http://www.strandbeest.com/>
4. Strona internetowa - <http://www.mechanicalspider.com/comparison.html>
5. Strona internetowa - <http://www.3dcad.pl/aktualnosci/wiecej/200.htm>