

FILIPEK Przemysław, ŚMIECH Mateusz

SPOSÓB RUCHU 6-NOŻNEGO ROBOTA KROCZĄCEGO - KRAB

Streszczenie

W artykule przedstawiono projekt budowy 6-cio nożnego robota kroczącego – Krab. Każda z nóg robota jest teleskopowo wysuwana za pomocą silnika DC z przekładnią ślimakową, oraz wykonuje ruchy poprzeczne dzięki wbudowanemu serwomechanizmowi. W artykule zawarto opis sekwencji ruchów poszczególnych nóg kraba, sposobu jego poruszania się na wprost oraz skreću w obie strony. Wykonany robot zostanie wykorzystany do inspekcji podwozia autobusów i TIR-ów.

WSTĘP

Roboty kroczące wyróżniają się dużą możliwością adaptacji oraz manewrowania w otoczeniu co pozwala im pokonywać nierówny teren taki jak wzniesienia, piaszczysta plaża czy jaskinia. Oprócz tego mogą poruszać się po różnego rodzaju nawierzchniach.

Pomimo swoich rozlicznych zalet roboty te posiadają również wady. Jedną z głównych jest skomplikowany układ sterowania oraz szerszy zakres zadań jakie musi spełnić sterownik. Współczesne sześcionożne maszyny posiadają duże zapotrzebowanie na energię co sprawia, że mają ograniczony czas pracy [2].

Konstrukcja robota wykonywanego w projekcie ma być przeznaczona do badania podwozi pojazdów ciężarowych stojących na różnych podłożach. W celu swobodnego poruszania się, konstrukcja będzie wyposażona w sześć nóg sterowanych serwonapędami w poziomie oraz silnikami DC w pionie. Robot będzie wyposażony w moduł sterowania radiowego oraz w czujnik odległości w celu uniknięcia kolizji podczas pracy w trybie autonomicznym. Dodatkowo będzie posiadał kamerę dzięki której będzie możliwość optycznej analizy stanu podwozia przez operatora.

1. ZREALIZOWANE MODELE 6-CIO NOŻNYCH ROBOTÓW KROCZĄCYCH

1.1 PhantomX

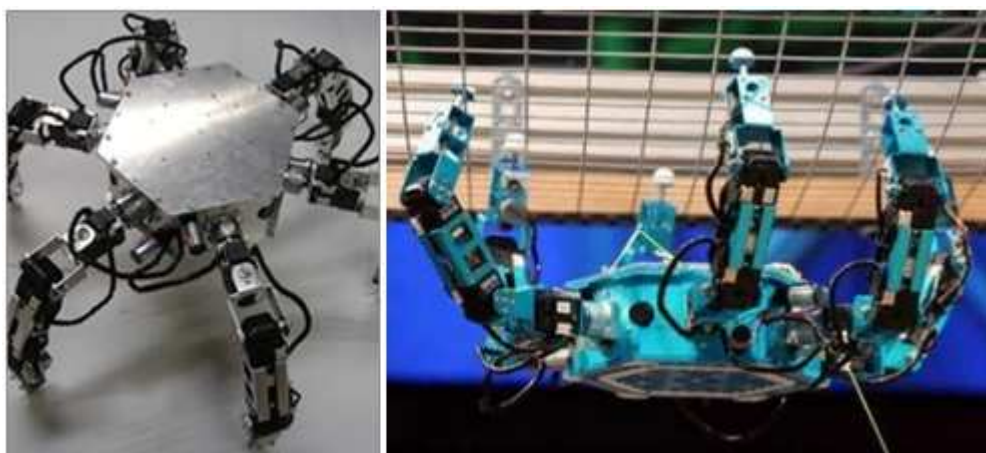
Sześcionożny robot o szerokim zastosowaniu w różnych dziedzinach, posiadający nogi o trzech stopniach swobody. Ruch może zostać wykonany na 6 różnych sposobów. Główną zaletą robota jest możliwość pracy zarówno na "brzuchu" jak i "plecach".



Rys. 1. Robot PhantomX [8]

1.2 Asterisk

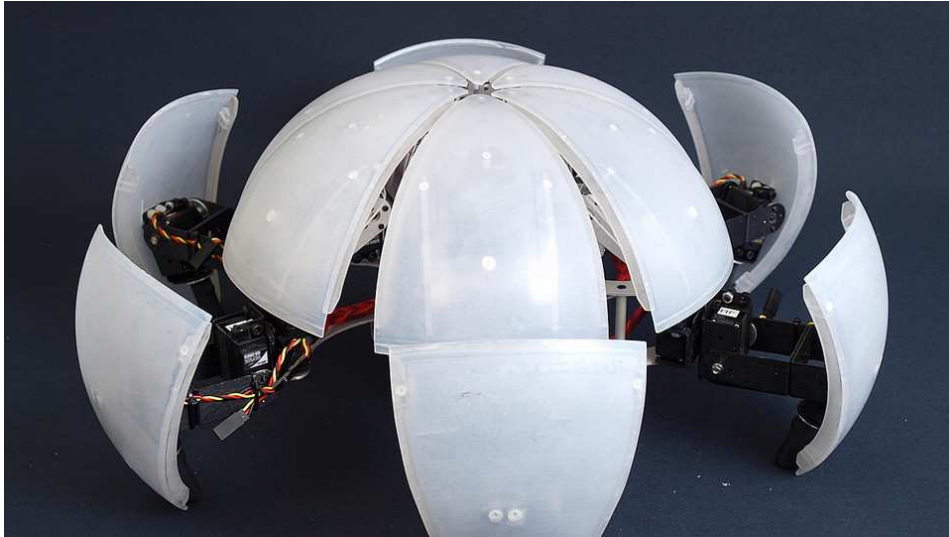
Stworzony na uniwersytecie w Osace. Ma długość 52 cm, posiada kamerę i może być sterowany bezprzewodowo. Maszynę można wykorzystać do poszukiwania ofiar w zawalonych budynkach czy podczas innych katastrof uniemożliwiających dotarcie tam przez człowieka. Potrafi chodzić po nierównym podłożu jak również przemieszczać się po suficie wykorzystując na przykład instalację elektryczną do podwieszania się.



Rys. 2. Robot Asterisk [5]

1.3 MorpHex

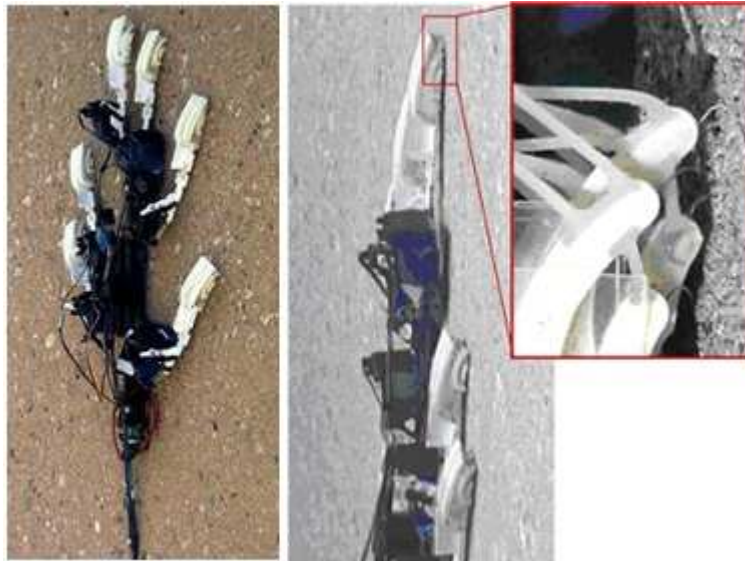
Krocząco- toczący się robot stworzony z dwunastu trójkątnych segmentów które mogą złożyć się w kulę i toczyć. Do przemieszczania się wykorzystuje sześć trójkątów i wykonuje ruch zbliżony do insektów. Obecna wersja nie ma możliwości toczenia się w dowolnym kierunku z powodu braku symetrii.



Rys. 3. Robot MorpHex [7]

1.4 Spinybot

Pierwszy robot który ma możliwość wspinania się po chropowatych pionowych powierzchniach używając mikro szponów. Może przenosić obciążenia do 400 g kamery. Wadą takiej maszyny jest brak możliwości poruszania się po gładkich powierzchniach takich jak szkło.



Rys. 4. Robot Spinybot [9]

1.5 iC HEXAPOD

Konstrukcja porusza się używając 18 serwonapędów i wykonuje ruch podobny do insekta. Robot posiada także 2 dodatkowe serwonapędy odpowiedzialne za ruch kamery. Maszyna wykorzystuje kamerę do rejestrowania twarzy, które wysyła na stronę internetową.



Rys. 5. Robot iC HEXAPOD [6]

2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Przed budową robota wstępnie określono jego parametry i warunki, w których będzie pracował. Pozwoliło to na znaczne zawężenie koncepcji budowy oraz ukierunkowało prace dla konkretnych rozwiązań technicznych.

Założenia wstępne:

- robot może poruszać się po powierzchniach o różnicy wysokości ≤ 7 cm,
- konstrukcja będzie posiadała sześć nóg wysuwanych teleskopowo,
- gabaryty robota nie przekroczą wymiarów: 400 mm x 300 mm x 300 mm,
- robot będzie poruszał się na dwóch wysokościach.

Parametry:

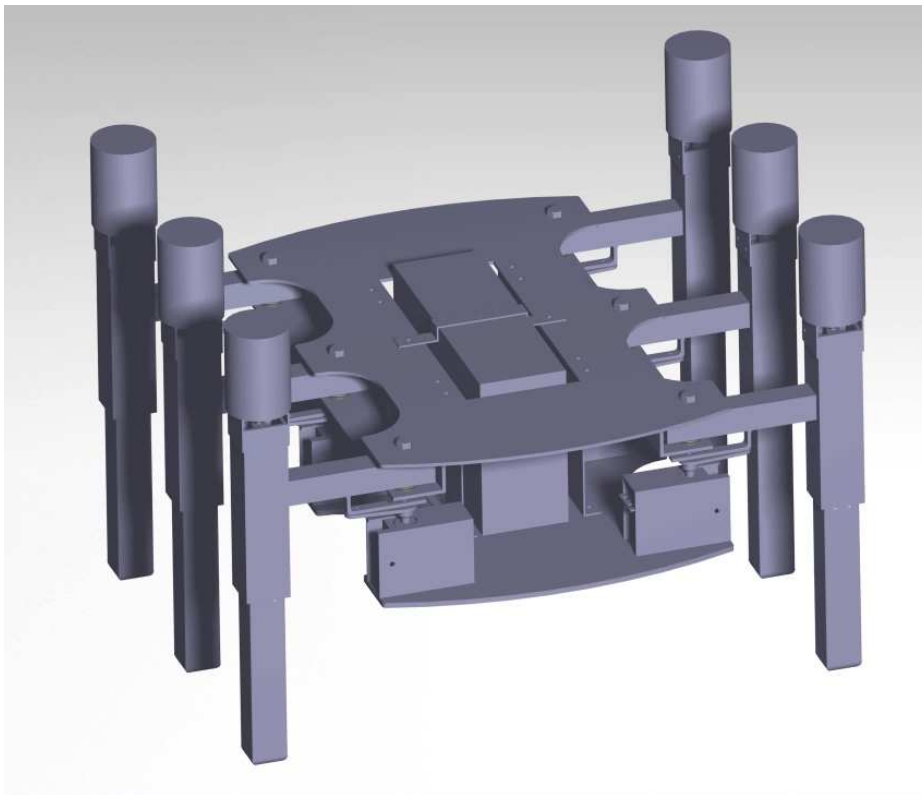
- sześć silników DC,
- sześć serwonapędów: Tower Pro MG995m,
- mikrostyki krańcowe po 2 dla każdej nogi,
- waga: ≤ 6 kg,
- kolorowa, bezprzewodowa kamera,
- radiowy moduł sterujący,
- akumulator: 10 Ah/12 V,
- mikroprocesor: Atmega 32,
- długość śruby podnoszącej nogę: 100 mm.

3. MODEL ZŁOŻENIOWY 3D

Poszczególne podzespoły robota Krab zostały zamodelowane w programie graficznym 3D Catia V5. To wielozadaniowe narzędzie firmy Dassault Systèmes jest jednym z najbardziej rozbudowanych systemów wspomagających prace inżynierskie w zakresie modelowania 3D, tworzenia dokumentacji 2D, symulacji ruchu, badania przepływów, symulacji metodą elementów skończonych oraz programowania obrabiarek typu CNC. Catia pozwala na

stworzenie modelu bryłowego, powierzchniowego, spawanego czy przedmiotu wykonanego z arkusza blachy [1].

Złożenie całego modelu Kraba przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Model 3D konstrukcji robota Krab

W środku korpusu robota umieszczono zasilanie (aby uzyskać wyrównoważenie) oraz elektronikę i 6 serwomechanizmów, które przesuwają nogi w lewo lub w prawo. Każda z teleskopowych nóg posiada umieszczony na górze silnik DC z przekładnią ślimakową, który odpowiada za jej wsuw i wysuw.

4. ELEKTRONIKA I STEROWANIE

W robocie Krab wykorzystano do napędu 6-ciu nóg, 6 silników DC 6 V/2,5 A oraz 6 serwomechanizmów TowerPro MG995m. Całość zasilana jest z akumulatora żelowego 6 V/10 Ah.

Mikroprocesor sterujący robotem to 8 bitowy ATMEGA 32 firmy AVR [3]. Krab wyposażony jest w bezprzewodową, kolorową kamerę typu 208C oraz bezprzewodowy 8 kanałowy system zdalnego sterowania. Kamera posiada elektroniczny pozycjoner wykonany z dwóch mini serwomechanizmów typu TG9e.

Na każdej z nóg robota zamontowano po dwa mikroстыki krańcowe, które przesyłają do mikroprocesora informację o aktualnym stanie położenia teleskopowego nogi (wsunięta lub wysunięta).

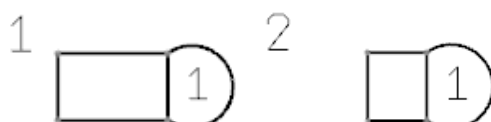
Jako czujnika odległości użyto ultradźwiękowy moduł SFR08 [4].

Sterowanie robotem będzie odbywać się za pomocą pulpitu z trzema joystickami sterującymi pracą Kraba i ruchami kamery, oraz dołączanego monitora LCD na którym operator będzie miał podgląd stanu podwozia zarejestrowanego przez kamerę robota.

5. SEKWENCJE RUCHU 6-CIO NOŻNEGO KRABA

Każda sekwencja ruchu Kraba to zespół procedur wykonywanych cyklicznie przez robota. Każda z jego 6-ciu nóg ma możliwość unieść się poprzez teleskopowe wsunięcie jednej jej części w drugą, oraz przesunąć się w lewo lub w prawo dzięki zamontowanemu serwomechanizmowi.

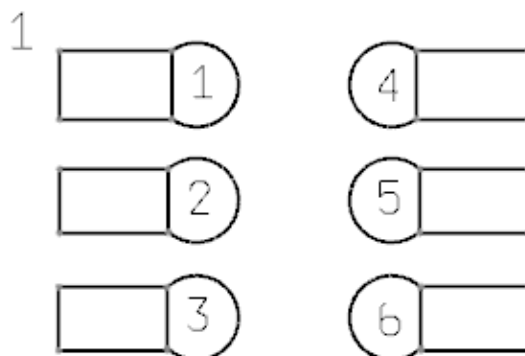
Silnik DC powodujący unoszenie się nogi, posiada przekładnię ślimakową, która zapewnia samohamowność napędu podczas spoczynku. Postawienie nogi robota na podłożu nie spowoduje jej dalszego wsuwania. Wsuniecie bądź wysunięcie nogi robota przedstawiono za pomocą symboli graficznych na rysunku 7 w celu pokazania sekwencji ruchów robota na wprost i podczas skrętów.



Rys. 7. Graficzne przedstawienie nogi robota Krab: 1- wysuniętej, 2 - wsuniętej

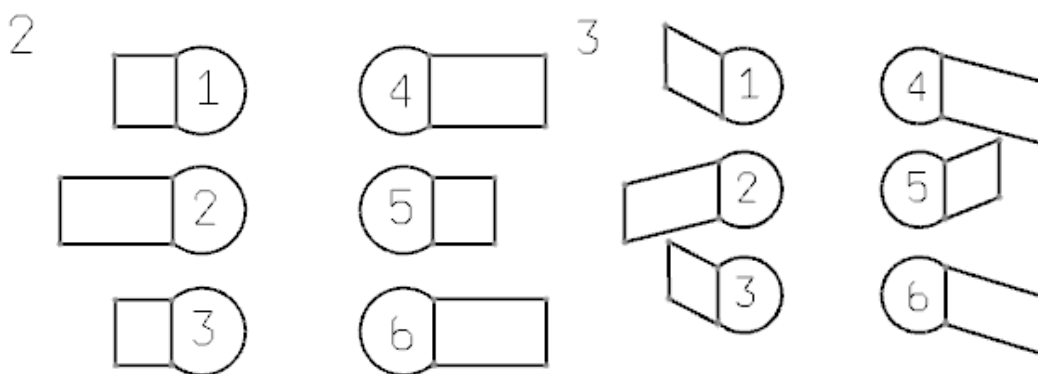
5.1 Ruch po prostej

W ruchu postępowym, prostoliniowym powtarzają się cyklicznie czynności wykonywane przez robota.



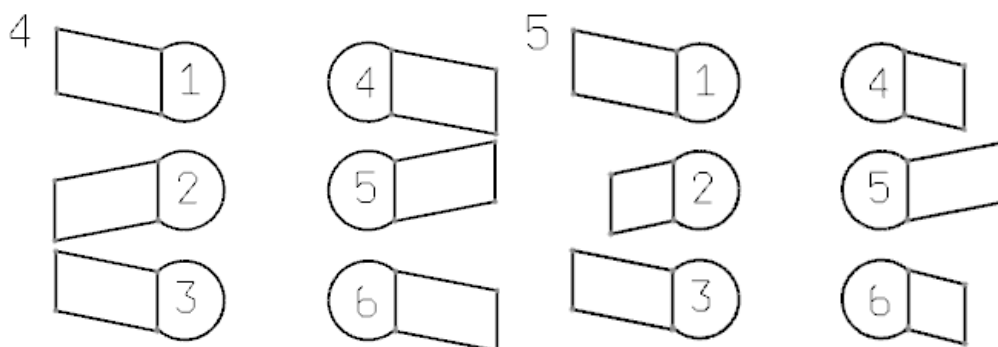
Rys. 8. Początkowy, wyjściowy stan (1) robota

Po włączeniu robota, znajduje się on w stanie wyjściowym (rysunek 8), gdzie wszystkie nogi ułożone są równoległe do siebie i prostopadle do tułowia z maksymalnie wysuniętymi teleskopowo nogami. Po rozpoczęciu ruchu, robot przechodzi do stanu (2) - rysunek 9, w którym silniki DC podnoszą 1, 3 i 5 nogę robota, do momentu wyłączenia silników przez mikrosteryki krańcowe.



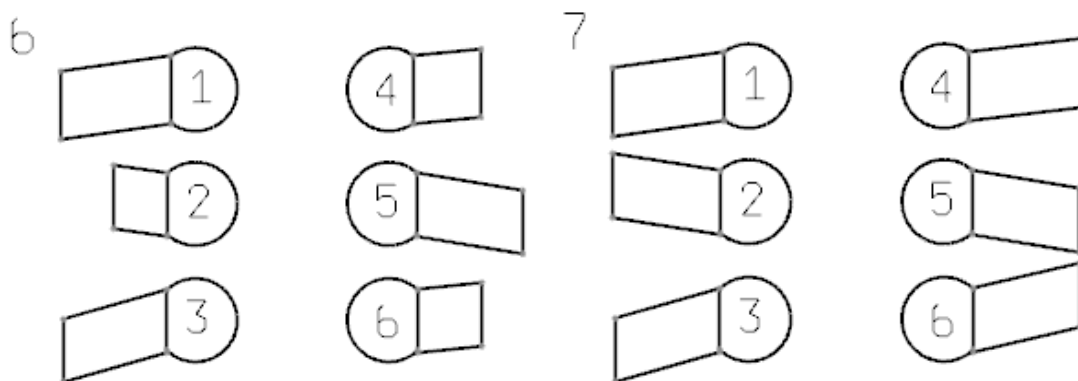
Rys. 9. Stan (2) i (3) robota

Następnie serwomechanizmy nóg 1, 2 i 3 obracają je o kąt 40° do przodu a serwomechanizmy nóg 2, 4, 6 obracają je o tą samą wartość, ale w przeciwną stronę - stan (3).



Rys. 10. Stan (4) i (5) robota

Po osiągnięciu stanu (3), silniki DC opuszczają podniesione nogi 1, 3 i 5 do momentu, aż zadziałają mikrostryki - stan (4) - rysunek 10. Następnie silniki nóg 2, 4 i 6 podnoszą je do momentu zadziałania kolejnych mikrostryków - stan (5).

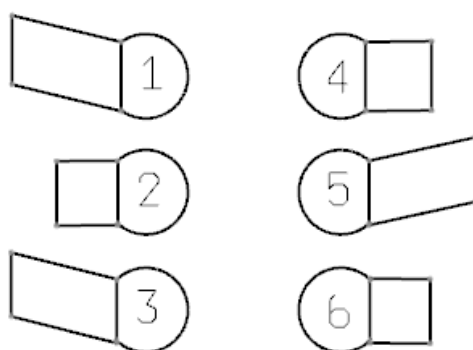


Rys. 11. Stan (6) i (7) robota

Po osiągnięciu stanu (5) wszystkie serwomechanizmy obracają jednocześnie nogi 1, 3, 5 do tyłu o 80° a nogi 2, 4 i 6 do przodu o taki sam kąt. Następnie wszystkie nogi zostają opuszczone kończąc jeden cykl ruchu w przód. Po osiągnięciu stanu (7) ruch zapętla się od stanu (2) do (7), tworząc sekwencję ruchu w przód po linii prostej.

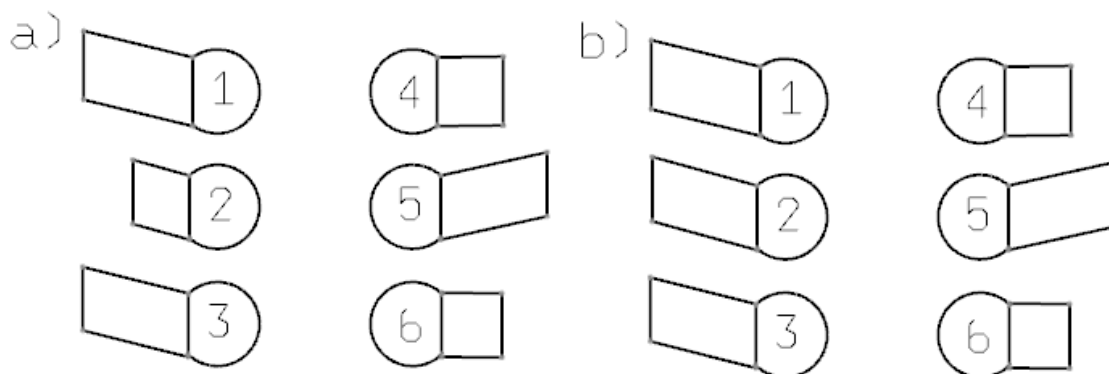
5.2 Skręt w prawo

Rozpoczynając skręt w prawo, robot przechodzi do stanu (2) - rysunek 9, w którym silniki DC podnoszą 1, 3 i 5 nogę robota, do momentu wyłączenia silników przez mikrosterki krańcowe. Następnie serwomechanizmy nóg 1, 3 i 5 obracają je o kąt 40° do przodu przyjmując stan (3) z ruchu po linii prostej. Po tej czynności następuje opuszczenie podniesionych nóg, podobnie jak na rysunku 10 - stan (4).



Rys. 12. Stan (8) robota

Następną czynnością jest podniesienie nóg 2, 4, 6 i przesunięcie serwomechanizmu nogi 2 o 40° do przodu (rysunek 13a), po czym opuszczenie tylko 2 nogi (rysunek 13b).

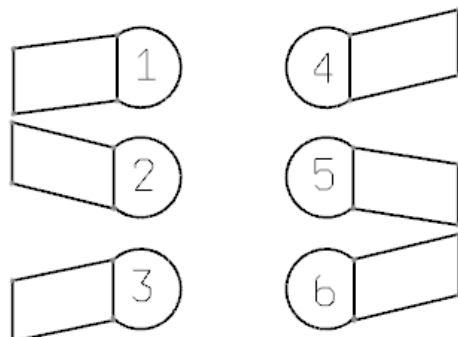


Rys. 13. Stan (9) robota, krok a) i b)

Gdy robot osiągnie stan (9), serwomechanizmy nóg 1, 2, 3 przesuną się o 80° w tył a serwomechanizm nogi 5 o 40° w tył. Na koniec skrętu następuje opuszczenie podniesionych nóg 4 i 6. Sekwencje skrętu należy powtórzyć tyle razy, aż zostanie osiągnięte oczekiwane położenie robota.

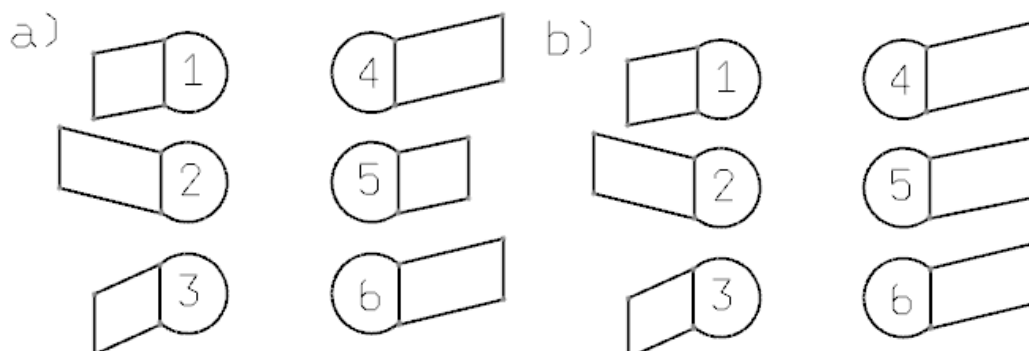
5.2 Skręt w lewo

Na początku skrętu w lewo, robot unosi 2, 4 i 6 nogę do momentu wyłączenia silników przez mikrosterki krańcowe. Następnie serwomechanizmy nóg 2, 4 i 6 obracają je o kąt 40° do przodu (rysunek 14). Po tej czynności następuje opuszczenie podniesionych nóg.



Rys. 14. Stan (10) robota

Następnie odbywa się podniesienie nóg 1, 3 oraz 5 i przesunięcie orczyka serwomechanizmu nogi piątej o 40° do przodu (rysunek 15a) po czym opuszczenie tylko 5 nogi (rysunek 15b).



Rys. 15. Stan (11) robota, krok a) i b)

Gdy robot osiągnie stan (11), serwomechanizmy nóg 4, 5, 6 zostaną przesunięte o 80° w tył a serwomechanizm nogi 5 o 40° w tył. Na koniec skrętu następuje opuszczenie podniesionych nóg 4 i 6. Sekwencje skrętu należy powtórzyć tyle razy, aż zostanie osiągnięte oczekiwane położenie robota.

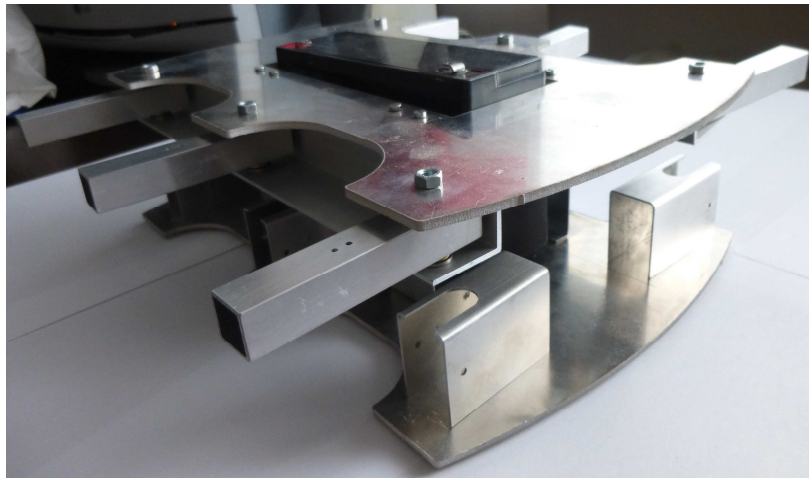
WNIOSKI

6-cio nożny robot krocący Krab znajduje się w fazie budowy. Wykonano już część mechaniczną z akumulatorem oraz oddzielnie nogi wraz z zamontowanymi silnikami. Obecnie trwają prace nad elektroniką i sterowaniem oraz oprogramowaniem. Widok stanu aktualnego przedstawia rysunek 16.

Ukończony, bezprzewodowo sterowany robot umożliwi operatorowi obserwację stanu podwozia samochodów ciężarowych i autobusów każdym miejscu, niezależnie od podłoża.

6-cio nożnego Kraba można wykorzystać również do innych celów, np. do eksploracji wąskich jaskiń i tuneli.

Opisane sekwencje ruchu robota pozwolą na jego sprawne poruszanie się po gruncie we wszystkich kierunkach.



Rys. 16. Wykonana rzeczywista konstrukcja robota Krab

BIBLIOGRAFIA

1. Skarga W., Mazurek A., *Catia podstawy modelowania i zapisu konstrukcji*. Helion, Gliwice 2005.
2. Zielińska Teresa, *Maszyny kroczące*, PWN, Warszawa 2003.
3. Mikroprocesor Atmega32, <http://www.digikey.com/product-detail/en/ATMEGA32-16PC/ATMEGA32-16PC-ND/521989>, (17.12.2012).
4. Moduł ultradźwiękowego czujnika odległości SFR08, <http://www.robot-electronics.co.uk/html/srf08tech.shtml>, (17.12.2012).
5. Robot kroczący Asterisk, <http://www.asimo.pl/modele/asterisk.php>, (17.12.2012).
6. Robot kroczący iC Hexapod, <http://www.hexapodrobot.com/ic/myimageview.asp?Path=images/MyPictures&Photo=M-M-01.jpg>, (17.12.2012).
7. Robot kroczący MorpHex, <http://www.fastcodesign.com/1669487/this-ingenuity-robot-rolls-unfolds-then-scampers#3>, (17.12.2012).
8. Robot kroczący PhantomX, <http://www.trossenrobotics.com/phantomx-ax-hexapod.aspx>, (17.12.2012).
9. Robot kroczący Spinybot, <http://www-cdr.stanford.edu/~sangbae/Spinybot.htm>, (17.12.2012).

THE METHOD OF TRAFFIC 6-FOOT WALKING ROBOT - CRAB

Abstract

The article presents the project of building a 6-foot walking robot - Crab. Each of the robot leg is telescopically extendable by a DC motor with worm gear and transverse movements performed with the built servomechanism. The article includes a description of the sequence of movements of individual crab legs, the way it is moving straight ahead and turn in both directions. Constructed robot will be used to inspect the chassis buses and lorries.

Autorzy:

dr inż. **Przemysław Filipek** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn

Mateusz Śmiech – student studiów I stopnia Politechniki Lubelskiej