ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995

Seria: MECHANIKA z.121 Nr kol. 1266

Antonina LISTWAN, Tadeusz MŁYNARSKI, Witold TRZASKA
Instytut Maszyn Roboczych
Politechnika Krakowska

ZASTOSOWANIE FUNKCJI CELU DO BADANIA POŁOŻEŃ ROBOCZYCH I OSOBOWYCH MECHANIZMÓW WYSOKICH KLAS

Streszczenie. Pojawiające się w ostatnim okresie opracowania mechanizmów manipulatorów zwanych redundandami (mechanizm klas wyższych wg klasyfikacji I. I. Artobolewskiego) zawierają metodykę ich badania kinetyczego. W referacie podano propozycję zastosowania nowej analitycznej metody 0 zwanej metodą modyfikacji do określania położeń ogniw ruchomych tego typu manipulatorów. Przeprowadzono analizę - określonej w metodzie funkcji celu zwanej funkcją więzów - do badania położeń roboczych i osobliwych w poszczególnych zakresach ruchu mechanizmu.

APPLICATIONS OF OBJECTIVE FUNCTION TO THE STUDIES OF WORKING AND SPECIFIC POSITIONS OF THE HIGH-CLASS MECHANISMS

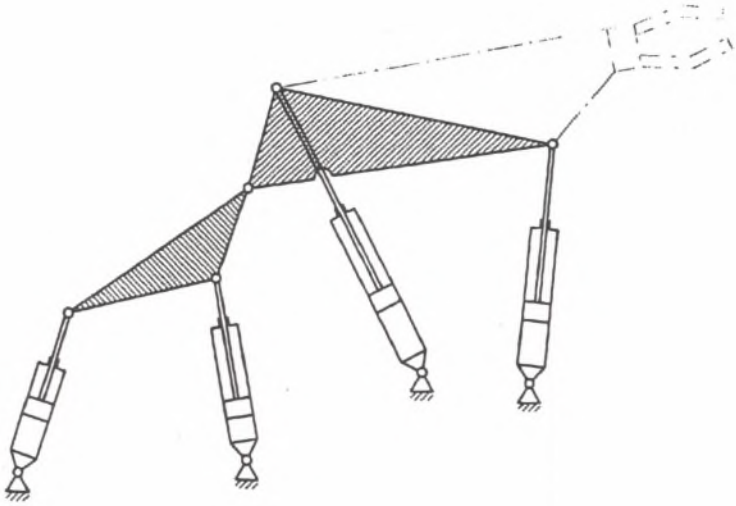
Summary. Recent publications on the subject of redundant manipulators (which are the mechanisms of high class, according to the specification by I. I. Artbolewski) are concerned with methodology for kinematic analysis. In this paper a new method, known as modification, is present. This method allows for finding out the positions of monile links in manipulators of this type. The analysis of duly defined objective function - known as a constrain function, was carried out. This was used to examine the working and specific positions for the given motion ranges of this mechanism.

ПРИМЕНИЕНЕ ФУНКЦИИ ЦЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ И ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ ВЫСШИХ КЛАСС

Резюме. Последнее работы, касающиеся механизмов манипуляторов, называемых редундаитными (механизмами высших класс, на основании классификации И. И. Артоболевского), содержат в себе методы их исследований кинематических. В реферате предложено применеие нового аналитического метода, называемого методом модификации для определения положений подвижных звеньев данного типа манипуляторов. Проведён анализ - обозначеный методом функции цели (называемый функцией связи) для исследования рабочих и исключителных положений в отделных сферах движения механизма.

1. WSTĘP

W ostatnim okresie pojawiły się opracowania dotyczące pewnej grupy manipulatorów zwanych redundantnymi.Schemat strukturalny takiego manipulatora, którego analizą kinematyczną zajmował się w swoim opracowaniu prof. K.Wohlhart [3] podano na rys. 1. Jest to rozległy redundantny manipulator posiadający dodatkowy siłownik zwiększający jego możliwości manipulacyjne. Zgodnie ze strukturalną klasyfikacją podaną przez I. I. Artobolewskiego [1] jest to mechanizm klasy trzeciej o ilości stopni ruchliwości w' = 4.



Rys. 1. Schemat struktury manipulatora redundantnego
Fig. 1. Structural diagram of redundant manipulator

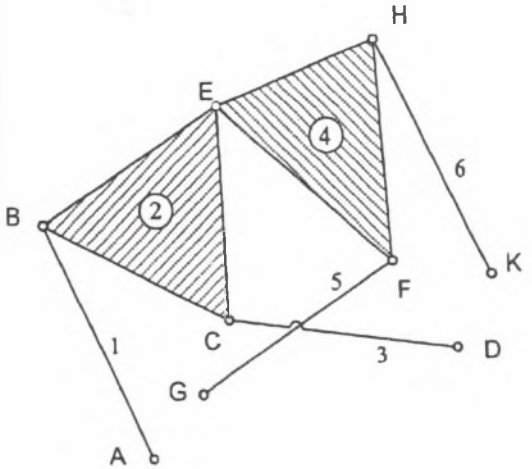
2. BADANIE PARAMETRÓW KINEMATYCZNYCH

Przeprowadzenie analizy kinematycznej mechanizmów wyższych klas związane jest z rozwiązywaniem układu równań nieliniowych położenia, które można przeprowadzić jedynie metodami przybliżonymi. Analizą kinematyczną tego manipulatora zajmował się prof. K. Wohlhart [3], który na drodze redukcji rozwiązał układ równań położenia doprowadzając go do jednego równania 18 stopnia. Ilość możliwych teoretycznych opcji montażowych, czyli rozwiązań wynosi 18. Przy określeniu założeń dotyczących położeń zewnętrznych par kinematycznych jak również długości i kształtów ogniw autor otrzymał wartości kątów określających ich położenia.

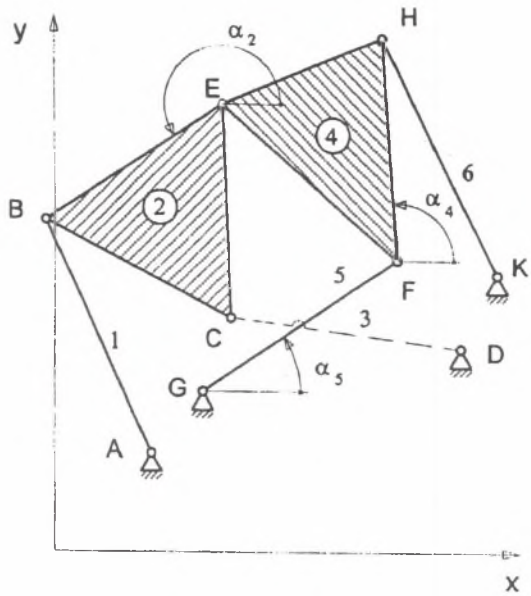
Zagadnienie to można również rozwiązać metodą Newtona-Raphsona [4], przy wykorzystaniu której należy założyć położenia startowe, co stanowi jej niedoskonałość. Otrzymuje się wtedy jako jedno przybliżone rozwiązanie, a nie jak w powyższym przypadku aż - 18. W celu otrzymania następnych rozwiązań należy przyjąć zestaw innych odpowiednio dobranych położeń startowych. Niestety nie ma metody prowadzącej do właściwego i szybkiego ich doboru.

Inną metodą rozwiązania zagadnienia określenia położeń ogniw ruchowych jest metoda baz Grübera [2]. Metoda ta ma swoje specyficzne wymagania niezbędne przy posługiwaniu się nią. Układ równań położenia musi być algebraiczny, a nie trygonometryczny. Metoda wymaga specjalnego oprogramowania i długiego czasu obliczeń. W drodze takiego postępowania otrzymuje się pierwszą bazę Grübera, którą jest zazwyczaj równanie jednej zmiennej wysokiego stopnia.

W celu uniknięcia wszystkich niedogodności związanych z wykorzystaniem powyżej omówionych metod do jednoznacznego zbadania położeń ogniw ruchomych mechanizmu z rys. 1. zastosowano opracowaną w ostatnim okresie analityczną metodę zwaną metodą modyfikacji [2]. Metoda polega na takim przekształceniu składowego zespołu kinematycznego klasy wyższej, by stał się one mechanizmem II klasy. Analizę mechanizmów klasy II przeprowadza się znanymi metodami, w których kąty określające położenia ogniw ruchomych są zdefiniowane za pomocą jawnych zależności. Metodę zilustrowano na przykładzie mechanizmu manipulatora z rys. 1. Schemat zespołu kinematycznego wchodzącego w skład analizowanego mechanizmu przedstawiono na rys. 2, a schemat kinematyczny mechanizmu zmodyfikowanego na rys. 3.



Rys. 2. Schemat zespołu kinematycznego
Fig. 2. Scheme of the kinematic unit



Rys. 3. Schemat kinematyczny mechanizmu zmodyfikowanego
Fig. 3. Scheme of modified mechanism kinematics

W analizie do określenia położeń wykorzystano następujące równania określające współrzędne wewnętrznych par kinematycznych zespołów II klasy oraz wartości kątów określających położenie ogniw. Jako dane przyjęto położenia zewnętrznych par kinematycznych A, D, G, K oraz długość i kształty wszystkich ogniw. Jako zmienną decyzyjną przyjęto kąt α_5. Wówczas współrzędne punktu F można opisać następującą zależnością:

$$\begin{aligned} x_F &= x_G + l_{FG}\cos\alpha_5, \\ y_F &= y_G + l_{FG}\sin\alpha_5. \end{aligned} \tag{1}$$

Kąt α_4 wyznaczamy z zależności:

$$\alpha_4 = \arccos\frac{x_k - X_F}{l_{FK}} + \arccos\frac{l_{FK}^2 + l_{FH}^2 - l_{HK}^2}{2 l_{FK} l_{HK}}, \tag{2}$$

gdzie:

$$l_{FK} = \sqrt{(x_K-x_F)^2+(y_K-y_F)^2}, \tag{3}$$

następnie możemy wyznaczyć położenie punktu E

$$\begin{aligned} x_E &= x_F + l_{EF}\cos(\alpha_5+\chi_{4F}), \\ y_E &= y_F + l_{EF}\sin(\alpha_5+\chi_{4F}). \end{aligned} \tag{4}$$

Kąt α_2 wyznaczamy z zależności

$$\alpha_2 = \arccos\frac{x_A-X_E}{l_{EA}}+\arccos\frac{l_{EA}^2+l_{EB}^2-l_{AB}^2}{2l_{EA}\cdot l_{EB}}, \tag{5}$$

gdzie:

$$l_{EA} = \sqrt{(x_A-x_E)^2+(y_A-y_E)^2}. \tag{6}$$

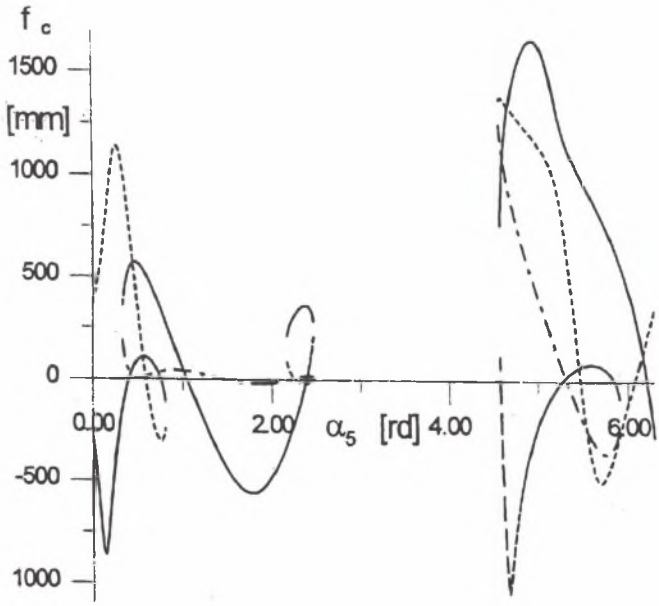
Można teraz wyznaczyć położenie punktu C

$$\begin{aligned} x_C &= x_E + l_{EC}\cos(\alpha_2+\chi_{2E}), \\ y_C &= y_E + l_{EC}\sin(\alpha_2+\chi_{2E}). \end{aligned} \tag{7}$$

Określona w metodzie funkcja celu (zwana funkcją więzów) przedstawiona jest zależnością

$$f_c = \sqrt{(x_D-x_C)^2+(y_D-y_C)^2}-l_{CD} \to 0. \tag{8}$$

Przyjmując identyczne wartości współrzędnych zewnętrznych par kienematycznych oraz długości i kształty ogniw jak w opracowaniu K. Wohlharta [3] otrzymano wykres funkcji celu podany na rys. 4. Miejsca zerowe funkcji celu są rozwiązaniami i określają ilość opcji montażowych manipulatora. Obliczenia przeprowadzono dla następujących danych: $x_A = 458$, $y_A = 458$, $x_D = 1925$, $y_D = 955$, $x_G = 700$, $Y_G = 750$, $x_K = 2096$, $y_K = 1300$, $l_{AB} = 1200$, $l_{BE} = 1000$, $l_{BC} = 1000$, $l_{CE} = 1000$, $l_{CD} = 1100$, $l_{BF} = 1100$, $l_{EH} = 821$, $l_{FH} = 1039$, $l_{FG} = 1110$, $l_{HK} = 1230$. Wykres funkcji celu wykonano dla zakresu kąta α_5 od 0 do 2π.



Rys. 4. Wykres funkcji celu
Fig. 4. Objective function diagram

3. WNIOSKI

1. Otrzymane wyniki wartości kątów określających położenia poszczególnych ogniw dla różnych opcji montażowych są zgodne z wynikami otrzymanymi przez K. Wohlharta [3].
2. Z przedstawionego przykładu jednoznacznie wynika przydatność metody modyfikacji do badania położeń ogniw w mechanizmach wysokich klas.
3. Określona w metodzie funkcja celu pozwala na wyznaczenie liczby rozwiązań rzeczywistych w poszczególnych zakresach ruchu.
4. Przy założeniu innego położenia zewnętrznych par kinematycznych, czy założeniu innej długości siłowników (co ma istotne znaczenie przy analizie projektowanych mechanizmów) można otrzymać wykres funkcji celu styczny do osi odciętych. Jest to równoznaczne z określeniem dla mechanizu położenia zwanego osobliwym - to jest takiego położenia, w którym zachodzi zmiana ilości rozwiązań rzeczywistych.
5. Znając zakres pracy danego manipulatora należy każdorazowo przeanalizować funkcję celu, aby stwierdzić, czy nie występują w tym zakresie pracy położenia osobliwe.

LITERATURA

[1] Młynarski T., Listwan A., Pazderski E.: Teoria maszyn i mechanizmów, cz. I Synteza i analiza strukturalna mechanizmów. Politechnika Krakowska, Kraków 1992.

[2] Młynarski T.: Uogólniona metoda analityczna analizy kinematycznej mechanizmów płaskich. Monografia 165. Politechnika Krakowska, Kraków 1994.

[3] Wohlhart K.: A parallel redundant manipulator based on the Assur group (3.4). Zeszyty Naukowe Politechniki Gliwickiej, Mechanika nr 118, Gliwice 1994, s, 371-378.

[4] Młynarski T., Listwan A., Pazderski E.: Teoria maszyn i mechanizmów, cz. III. Analiza kinematyczna mechanizmów. Politechnika Krakowska, Kraków 1992

Recenzent: prof. dr hab. inż. W. Gutkowski

Wpłynęło do Redakcji w grudniu 1994 r.