

Grzegorz ILEWICZ, Robert MICHNIK, Dagmara TEJSZERSKA, Katedra Mechaniki Stosowanej, Zakład Mechaniki Ogólnej i Biomechaniki, Politechnika Śląska, Gliwice
Zbigniew NAWRAT, Fundacja Rozwoju Kardiologii, Śląska Akademia Medyczna, Zabrze

BADANIA INTERAKCJI W UKŁADZIE WIELOCZŁONOWYM TELEMANIPULATORA KARDIOCHIRURGICZNEGO CHIRURG-ZADAJNIK RUCHU-NARZĘDZIE TORAKOSKOPOWE

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań doświadczalnych kinematyki telemanipulatora kardiologicznego Robin Heart I oraz Robin Heart Vision. Badania realizowano w Laboratorium Biocybernetyki Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrze. Analiza kinematyki została przeprowadzona dla różnych sposobów sterowania ruchem ramienia (części SLAVE) wyposażonego w narzędzie torakoskopowe – Robin Heart I i endoskop wraz z torem wizyjnym – Robin Heart Vision. Wykorzystano metody sterowania za pomocą: laparoskopowego zadajnika ruchu, algorytmu programowego, manipulatora drążkowego oraz innowacyjnej metody sterowania ruchem endoskopu za pomocą ruchów głowy chirurga. Przyjęta metodyka przeprowadzenia eksperymentu pozwoliła zaobserwować przebiegi kinematyczne układu składającego się z kilku elementów (kończyna górna chirurga, zadajnik ruchu, ramię telemanipulatora, końcówka operacyjna) połączonych ze sobą w torze przekazywania wartości przemieszczenia, dzięki czemu stało się możliwe dodatkowo m.in. zbadanie wpływu przemieszczeń generowanych przez człowieka na przemieszczenia końcówki operacyjnej.

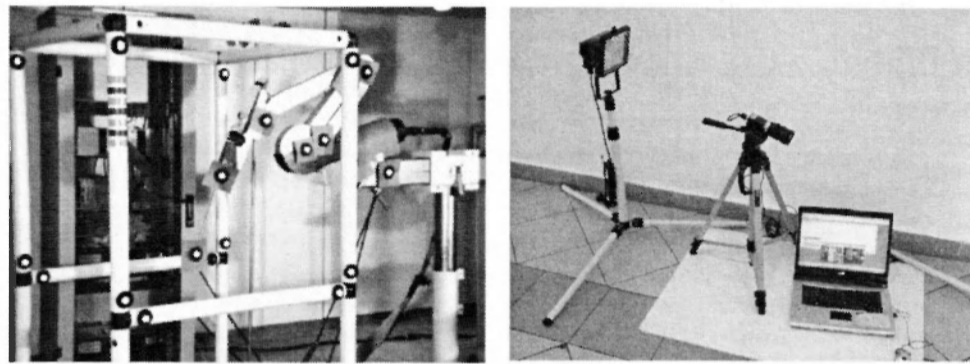
I. WSTĘP

Jedną z metod pozwalających na wyznaczenie przebiegów czasowych wielkości kinematycznych analizowanego ruchu obiektów jest metoda wideorejestracji. Technika ta umożliwia uzyskanie sygnałów pomiarowych, generowanych przez zespół odbłaskowych markerów rozmieszczonych na badanym obiekcie. Ruch markerów jest rejestrowany przez jedną (dla ruchu obiektu w jednej płaszczyźnie) lub kilka kamer wideo (dla ruchu w trzech wymiarach). Metoda ta wywodzi się z badań biomechanicznych (rys. 1) i została po raz pierwszy wykorzystana w drugiej połowie XIX wieku przez francuskiego naukowca Mayera. W swoich pracach analizował on ruch ciała człowieka podczas chodu, rejestrując kolejne położenia za pomocą kamery filmowej. Rozwój prac z zakresu biomechaniki oraz postęp w dziedzinie informatyki zaowocowały pod koniec XX wieku opracowaniem systemów do wideorejestracji pozwalających na dokładną analizę kinematyki badanego ruchu.[1]

2. STANOWISKO POMIAROWE I OBIEKTY EKSPERYMENTU

Stanowisko pomiarowe składało się z (rys. 1):

- dwóch kamer cyfrowych A602fc-2 Basler 100 [Hz];
- przenośnego komputera z programem do analizy ruchu APAS;
- markerów umieszczonych w istotnych punktach robota;
- dwóch źródeł światła;
- kostki kalibracyjnej.



Rys. 1. Kostka kalibracyjna, telemanipulator Robin Heart 1 z naniesionymi markerami odblaskowymi oraz użyty sprzęt pomiarowy

Rejestrowano ruch dwóch rozwiązań konstrukcyjnych robotów rodziny Robin Heart:

Robin Heart 1 (rys.2, 3) – telemanipulator z narzędziem torakoskopowym o siedmiu stopniach swobody [3].

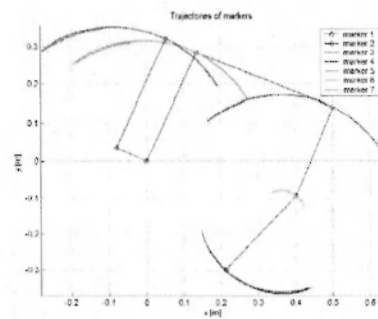
Robin Heart Vision (rys.4) – telemanipulator z endoskopem i torem wizyjnym.

W przypadku konstrukcji Robin Heart 1 rejestrowano ruch robota sterowanego za pomocą laparoskopowego zadajnika ruchu i zaprogramowanego algorytmu komputerowego[4]

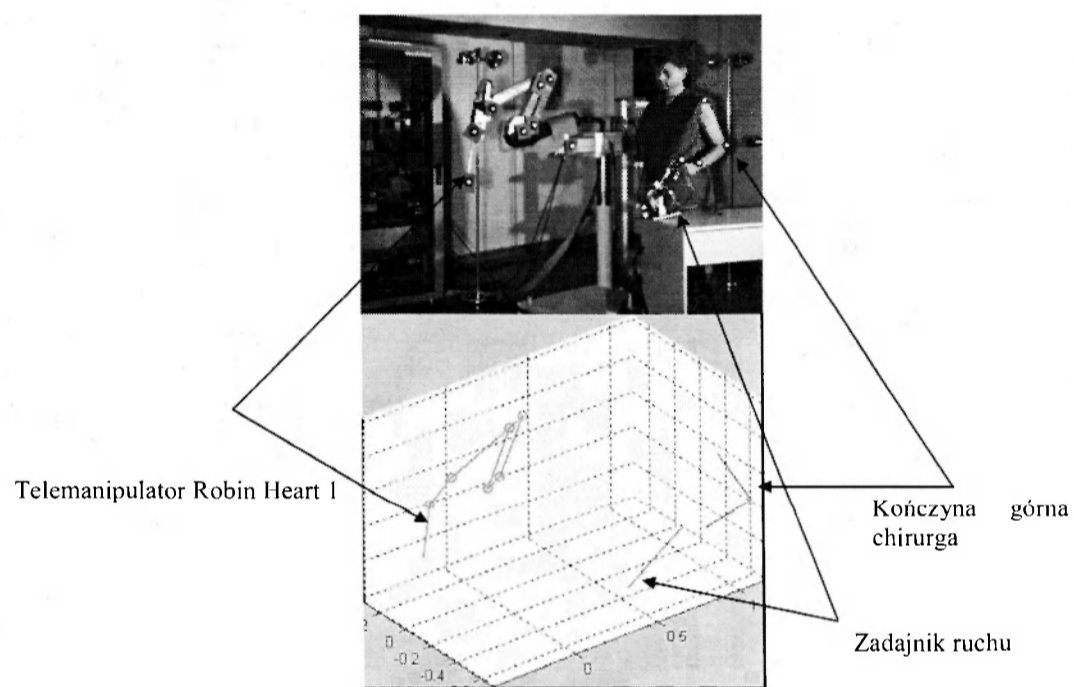
W przypadku telemanipulatora Robin Heart Vision endoskop był poruszany poprzez ruchy chirurga sterującego manipulatorem drążkowym, zadanego algorytmu komputerowego oraz niestosowanej do tej pory w innych konstrukcjach robotów medycznych metody kierowania ruchem endoskopu poprzez wykonywanie przez lekarza sekwencji ruchów głową.[2]

3. METODYKA EKSPERYMENTU

Częstotliwość, z jaką rejestrowano obraz wynosiła 50 [Hz]. W istotnych, z punktu widzenia przeprowadzanych analiz, punktach robota, zadajnika ruchu oraz istotnych miejscach anatomicznych kończyny górnej chirurga umieszczono markery odblaskowe (rys. 2, 3, 6). Zastosowany do analizy otrzymanych wyników system APAS automatycznie śledzi trajektorie ruchu (rys. 2) poszczególnych markerów na podstawie sporządzonych filmów wideo. Można w ten sposób uzyskać: przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia poszczególnych markerów i co za tym idzie analizowanych mechanizmów oraz kończyny górnej chirurga. Informacja o parametrach kinematycznych jest podstawą do zrealizowania dynamicznego modelu badanego układu wielocłonowego.



Rys. 2. Trajektorie ruchu markerów umiejscowionych w charakterystycznych punktach telemanipulatora Robin Heart I



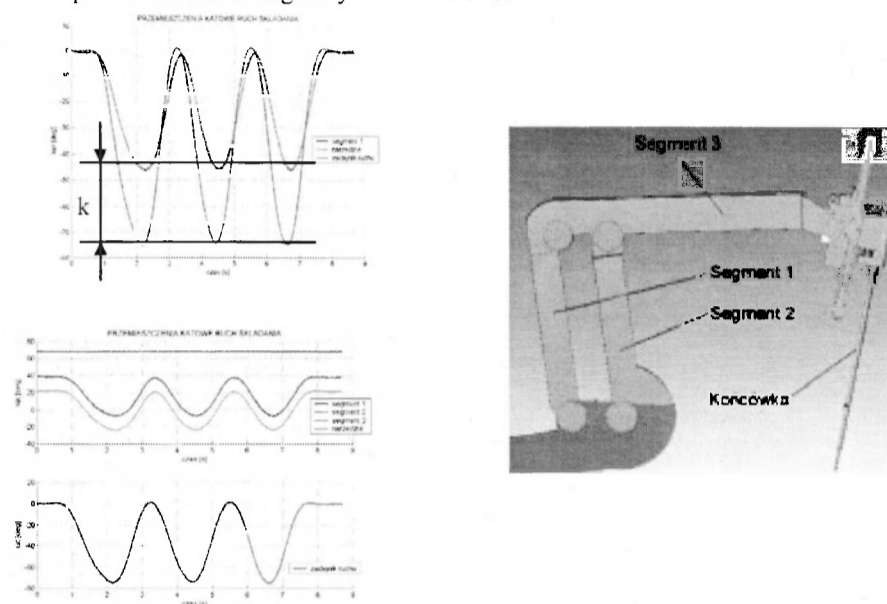
Rys. 3. Kinematyka realizowanego eksperymentu w danej chwili czasu – Robin Heart I sterowany przez chirurga za pomocą laparoskopowego zadajnika ruchu

4. WYNIKI BADAŃ

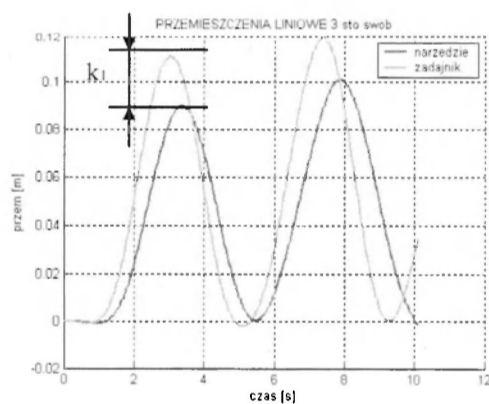
Uzyskane przebiegi wielkości kinematycznych pozwoliły na weryfikację i kontrolę:

- poprawności ruchów łańcucha kinematycznego telemanipulatora
- założonych współczynników skalowania przemieszczeń k dla różnych metod sterowania ruchem.
- czasów opóźnień T w torze przemieszczeń analizowanego układu wieloczołowego.

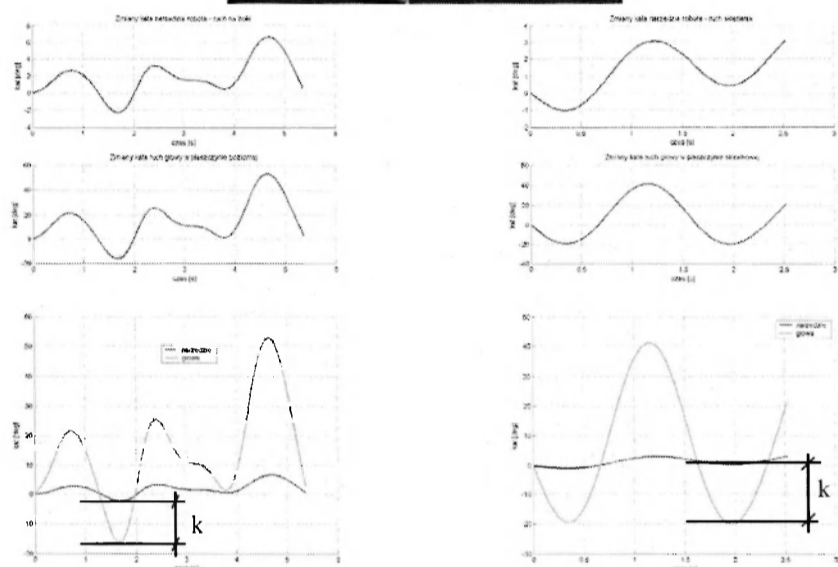
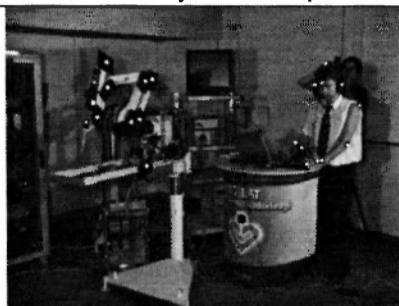
Na rysunkach 4 i 5 pokazano przykładowe skalowanie przemieszczeń w drugim i trzecim stopniu swobody dla sterowania ruchem ramienia robota laparoskopowego zadajnikiem ruchu. Uzyskane wyniki potwierdzają (rys. 4) realizację kinematyki równoległowodowej przez telemanipulator kardiochirurgiczny Robin Heart 1.



Rys. 4. Wartości przemieszczeń kątowych laparoskopowego zadajnika ruchu i ramienia telemanipulatora Robin Heart 1 podczas jego ruchu w 2 DOF



Rys. 5. Wartości przemieszczeń liniowych laparoskopowego zadajnika ruchu i narzędzia toroskopowego podczas jego ruchu w 3 DOF



Rys. 6. Charakterystyki przemieszczeń endoskopu powodowane ruchami głowy chirurga w płaszczyźnie poziomej i strzałkowej (telemanipulator Robin Heart Vision)

5. WNIOSKI

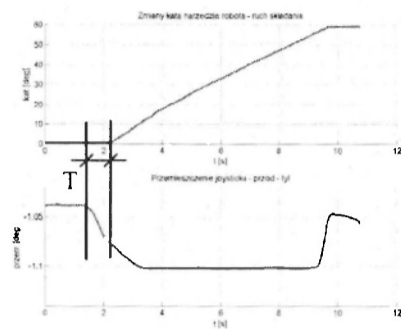
Zaproponowana metodyka badań może mieć zastosowanie do analizy ruchu łańcucha kinematycznego telemanipulatora kardiochirurgicznego.

Zaletą metody jest analiza kinematyki i dynamiki prowadzona na obiekcie rzeczywistym, a nie na modelu wirtualnym. Umożliwia to analizę kinematyczną i dynamiczną rzeczywistej postaci konstrukcyjnej.

Istotną zaletą metody jest rejestrowanie wielkości kinematycznych wielu mechanizmów pozostających ze sobą w interakcji, przez co możliwe staje się badanie ich wzajemnych powiązań np. wyznaczanie/kontrola założonych opóźnień pomiędzy ruchem chirurga, a ruchem końcówki operacyjnej (rys. 7) lub kontrola przyjętych współczynników skalowania przemieszczeń (rys. 4,5).

Metoda w sposób stosunkowo tani umożliwia analizę kinematyczną skomplikowanych mechanizmów lub ich dużej ilości.

Wadą metody jest utrudniona analiza mechanizmów o niewielkich rozmiarach – ograniczeniem jest wielkość odbłaskowego markera.



Rys. 7. Opóźnienie zarejestrowane pomiędzy przemieszczeniem zadajnika ruchu (manipulator drążkowy), a przemieszczeniem endoskopu w 2 DOF

LITERATURA

- [1] Michnik R., Ilewicz G., Jurkojć J., Tejszerska D., Nawrat Z.: Analiza kinematyki telemanipulatora kardiochirurgicznego Robin Heart 1 z wykorzystaniem wideorejestracji – badania wstępne. Roboty Medyczne 2006, Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii
- [2] Ilewicz G. Michnik R., Tejszerska D., Nawrat Z.: Porównanie przebiegów wielkości kinematycznych dla różnych metod sterowania ruchem telemanipulatora kardiochirurgicznego. BioMedTech Silesia 2007, Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii
- [3] Nawrat Z.; Kostka P.: Polish Cardio-robot 'Robin Heart'. System description and technical evaluation". The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. Int J. Med Robotics Comput Assist Surg 2006; 2: 36-44. Published online 6 March 2006 in Wiley InterScience, DOI:10.1002/rcs.67.
- [4] Nawrat Z., Kostka P., Mianowski K., Małota Z., Kandora A.: Interfejs chirurga dla telemanipulatora Robin Heart – przedstawienie proponowanych rozwiązań.

THE SCIENTIFIC RESEARCHES OF INTERACTION IN MULTIBODY SYSTEM OF CARDIOSURGICAL TELEMANIPULATOR: SURGEON-MASTER TOOL MANIPULATOR-THORACOSCOPE TOOL

Summary. The results of experimental scientific researches into kinematics of cardiosurgical telemanipulator Robin Heart 1 and Robin Heart Vision are presented in this paper. They were realized in The Laboratory of Biocybernetics of Foundation for Cardiac Surgery Development, Zabrze. Kinematic analyses were performed for different methods of control of robots arms (SLAVE part of telemanipulator) movements. Robin Heart 1 was equipped with thoracoscope tool whereas Robin Heart Vision was equipped with endoscope together with instrumentation. Control methods with the use of: laparoscope master tool manipulator, algorithm of computer program, joystick and innovative method of steering endoscope motion by moving of surgeon's head were used. The courses of kinematics of multibody system were obtained with the use of applied methodology of performing experiment. The multibody systems were composed of some elements (the upper limb, master tool manipulator, arm of telemanipulator, operation tool). They were connected in path of transmission of displacement values. It enabled investigation into, among others, influence of displacement generated by surgeon on displacements of operation tool.