

BADANIE CHARAKTERYSTYK DYNAMICZNYCH DLA RÓŻNYCH KONFIGURACJI ROBOTA CHIRURGICZNEGO

MAREK KOŹLAK
WOJCIECH KLEIN

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska

Streszczenie. Uzyskanie wysokiego stopnia dokładności pozycjonowania końcówki roboczego narzędzia chirurgicznego w polu operacyjnym, znajdującym się wewnątrz organizmu pacjenta, jest niezwykle istotne z punktu widzenia medycznego i wymaga szczegółowej analizy zachowania się robota kardiochirurgicznego w warunkach normalnej eksploatacji. Za cel pracy przyjęto zbadanie charakteru drgań występujących w trakcie pracy prototypu celem określenia własności dynamicznych, w tym częstotliwości rezonansowych układu dla różnych konfiguracji ramienia robota.

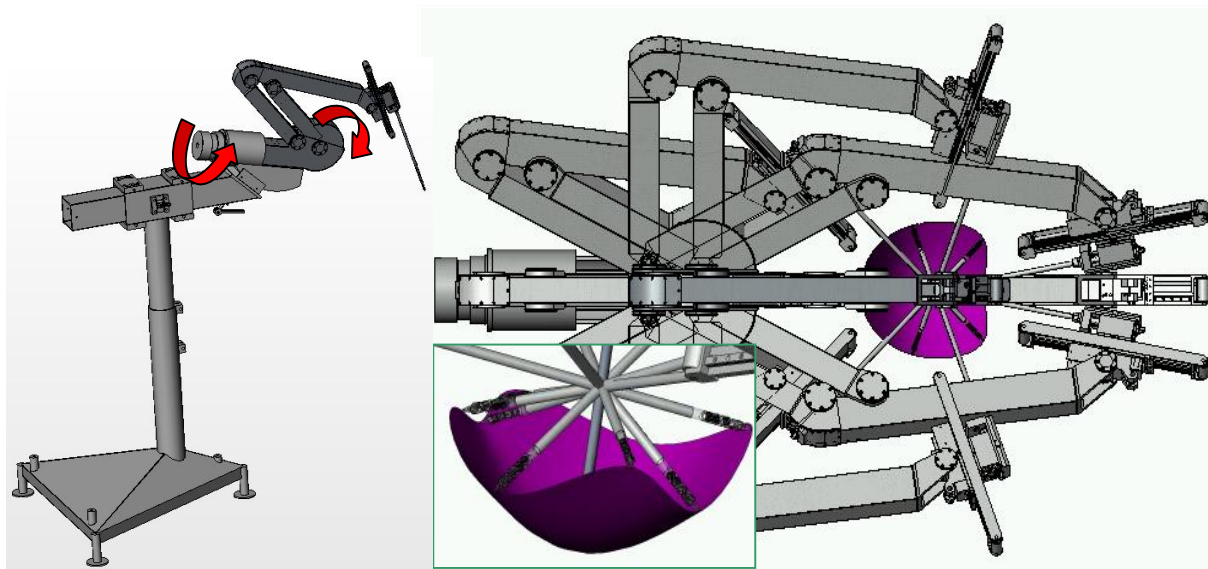
1. WSTĘP

Od kilku lat Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii prowadzi badania nad opracowaniem polskiego robota kardiochirurgicznego, których wynikiem są trzy prototypowe roboty z rodziny Robin Heart. Obecnie trwają badania laboratoryjne tych robotów oraz prace połączone z opracowaniem i wdrożeniem wersji klinicznej ich prototypów. Pomimo zaawansowanego stopnia rozwoju projektu, pozostaje jeszcze wiele problemów do rozwiązania, gdzie jednym z nich jest minimalizacja drgań występujących w układzie.

W trakcie operacji chirurgicznych niezwykle istotna jest precyzja ruchu. W przypadku robotów medycznych wymagana jest duża dokładność pozycjonowania końcówki manipulacyjnej robota, znajdującej się wewnątrz organizmu pacjenta, a wykonującej wyjątkowo skomplikowane czynności. W związku z powyższym, koniecznością jest przeanalizowanie zachowania się robota wykonującego rutynowe zadanie. Prowadzi to do poznania niedokładności ruchów robota, a następnie ich optymalizacji.

Ramię robota kardiochirurgicznego Robin Heart 1 (Rys.1.) opiera się na budowie dwóch zamkniętych równoległowodów, posiadających w sumie dwa stopnie swobody. Układ napędowy składa się z silnika „HARMONIC DRIVER” z przekładnią falową oraz silnik „MAXON EC 32” z przekładnią planetarną. Konstrukcja robota posiada stały punkt pracy, pozwalając tym samym na dojście do wymaganego pola operacyjnego w dwojaki sposób, uzależniony od położenia ramienia (Rys.2.). Istotnym zatem jest porównanie możliwych konfiguracji ułożenia ramienia robota, oraz opisanie ewentualnych niekorzyści wynikających z danej pozycji. Wskazując bardziej korzystną konfigurację ramienia robota będzie można zaplanować choreografię przyszłego zabiegu, przemyśleć sposób montażu ramienia robota

względem stołu operacyjnego, przewidzieć kolizyjność ramion, a przede wszystkim uniknie się utraty wysokiej precyzji ruchów.



Rys.1. Dwa pierwsze stopnie swobody robota Robin Heart 1. Rys.2. Przeanalizowane pozycje ramienia robota oraz ich lustrzane odbicie.

2. ROZWINIĘCIE

2.1. Aparatura pomiarowa

Przeprowadzona analiza dynamiczna została wykonana przy użyciu zestawu akcelerometrów jednoosiowych umieszczonych na wspólnej kostce pomiarowej oraz przetwornika analogowo-cyfrowego SIGLAB (Rys.3.). Czujniki zostały rozmieszczone w taki sposób, aby zebrać sygnały drgań w osiach głównych końcówki manipulacyjnej. Obróbka numeryczna uzyskanych sygnałów została przeprowadzona w środowisku MATLAB.



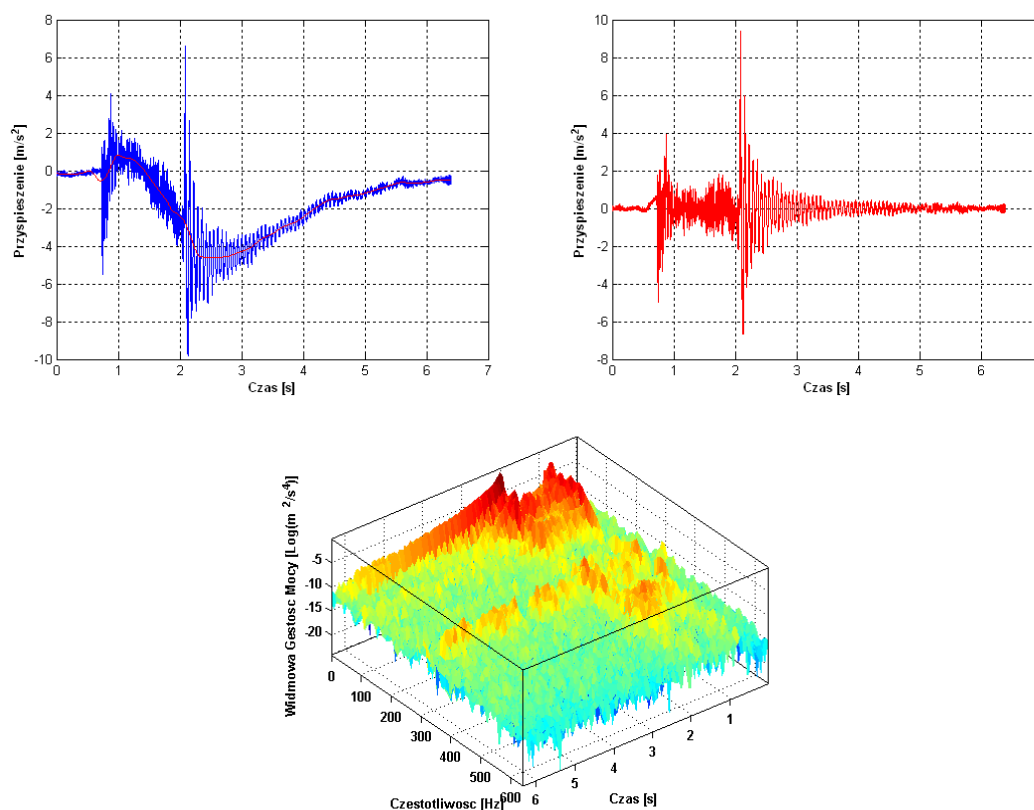
Rys.3. Stanowisko pomiarowe z rozmieszczonymi akcelerometrem

2.2. Przeprowadzone badania

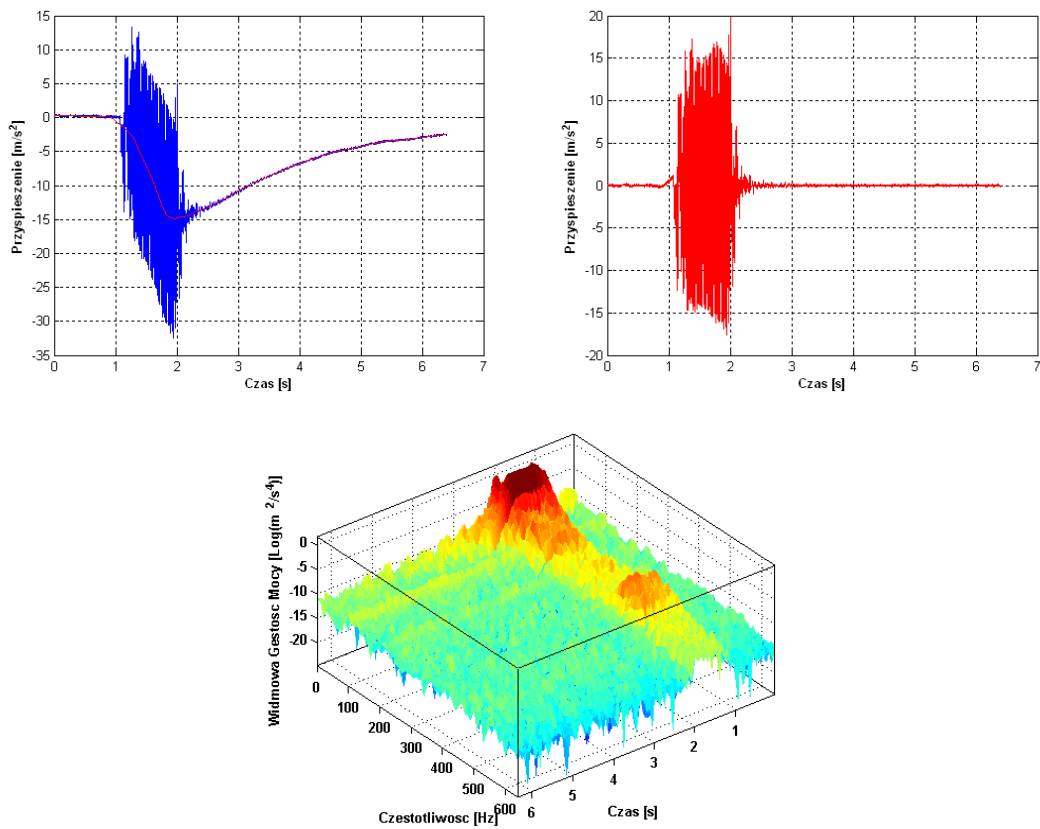
Głównym celem badań było określenia częstotliwości własnych prototypu robota oraz zbadanie wpływu sił wymuszających na amplitudę drgań. Z uwagi na złożoność konstrukcji przeprowadzono test impulsowy używając młotka modalnego. W ten sposób wyznaczono funkcje przejścia dla różnych położeń ramienia robota. Badanie to zostało powtórzone zarówno dla włączonych silników robota jak i wyłączonych. Manewr ten pozwolił odizolować częstotliwości rezonansowe układu od częstotliwości sił wymuszających. Ograniczono się do przeanalizowania w ten sposób skrajnych położeń ramienia z uwagi na brak możliwości zatrzymania ramienia w innych pozycjach przy wyłączonym silniku. W celu zbadania pozostałych położeń ramienia robota zastosowano analizę widmową. Badanie te polegało na wyznaczeniu widmowej gęstości mocy w funkcji czasu ruchu ramienia. Dane zebrane za pomocą czujników jednoosiowych zostały przetworzone w środowisku MATLAB. Aby uzyskać widmową gęstość mocy należało pozbyć się stałej składowej pochodzącej z przyspieszenia ramienia. Następnie za pomocą wbudowanej funkcji „spectrogram” utworzono odpowiednie wykresy. Testy te zostały powtórzone dla różnych wartości prędkości ramienia oraz różnych konfiguracji ruchu.

2.3. Uzyskane wyniki

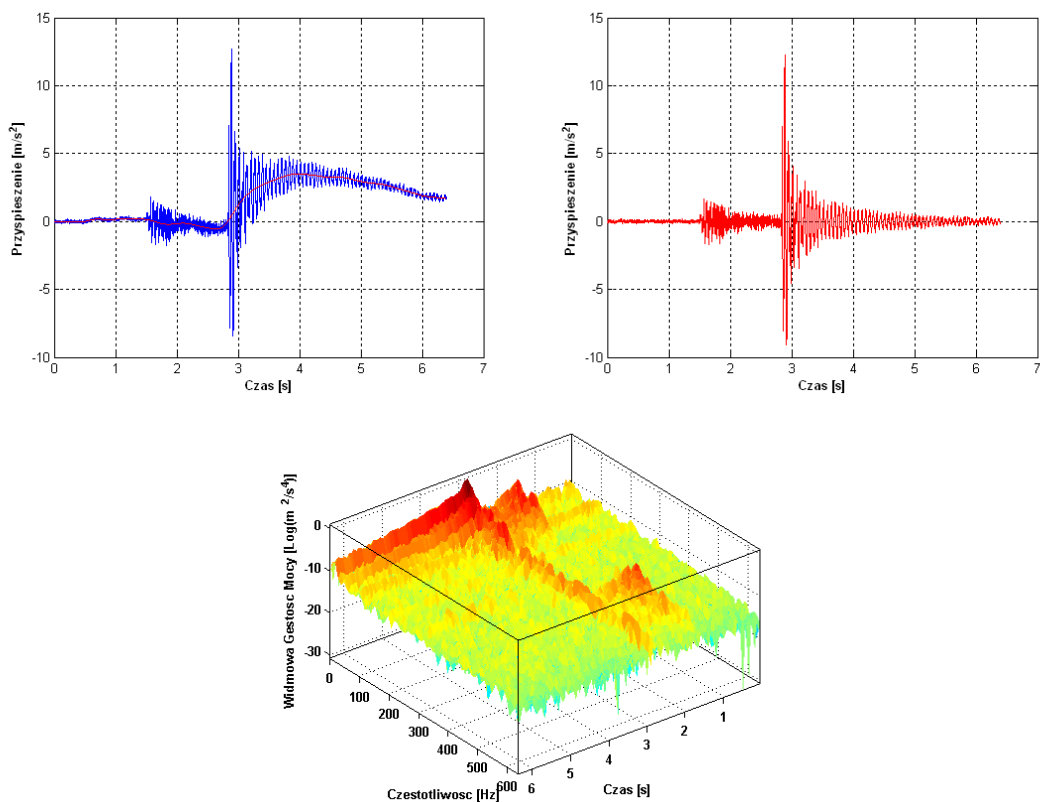
W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano szereg wykresów obrazujących charakterystyki dynamiczne robota. Z uwagi na dużą ich liczbę ograniczono się do przedstawienia wykresów, w których zaobserwowano największe amplitudy drgań dla różnych ruchów ramienia robota.



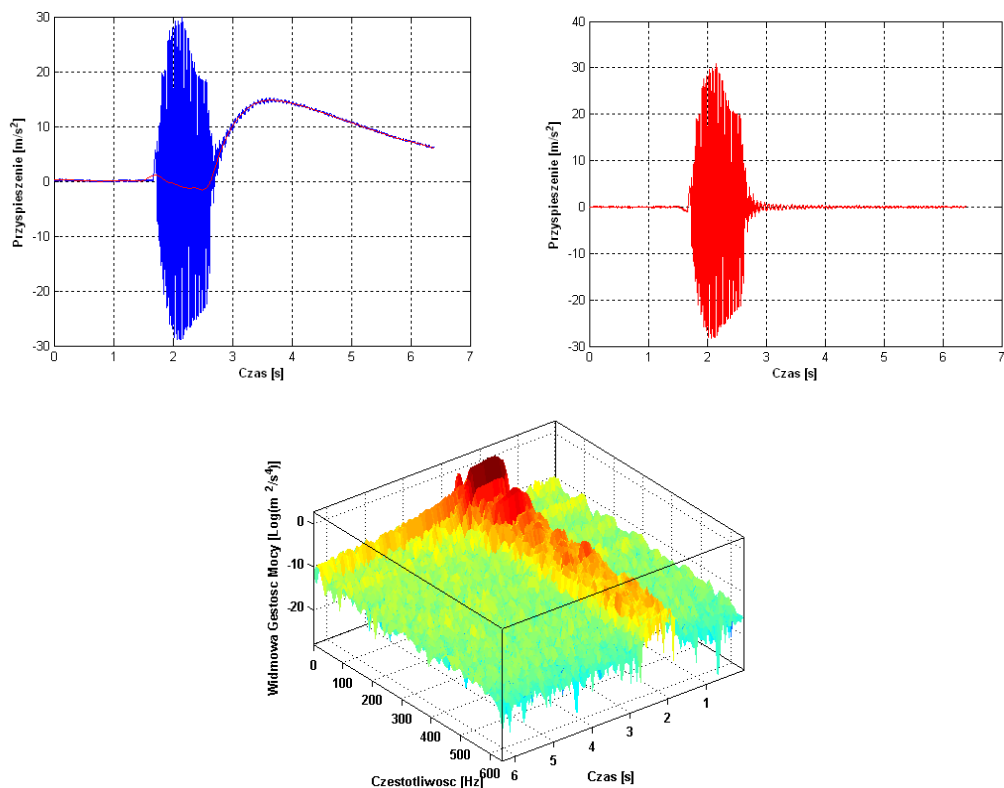
Rys.4 Wyniki dla ruchu ramienia pomiędzy pozycją pierwszą a drugą dla maksymalnej prędkości w osi x



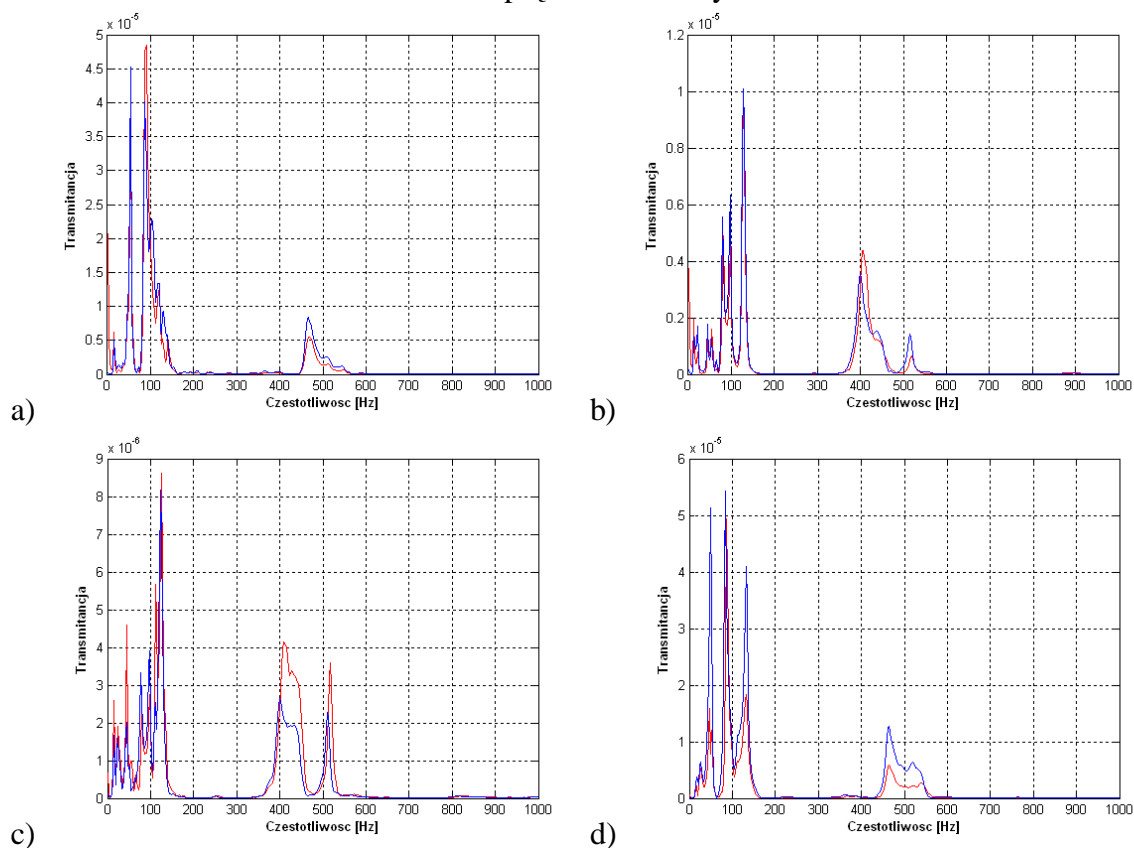
Rys. 5. Wyniki dla ruchu ramienia pomiędzy pozycją drugą a trzecią dla maksymalnej prędkości w osi y



Rys. 6. Wyniki dla ruchu ramienia pomiędzy pozycją trzecią a czwartą dla maksymalnej prędkości w osi y



Rys. 7. Wyniki dla ruchu ramienia pomiędzy pozycją czwartą a pierwszą dla maksymalnej prędkości w osi y



Rys. 8. Wyniki testu impulsowego – kolor niebieski oznacza silniki wyłączone kolor czerwony silniki załączone a) pozycja I b) pozycja II c) pozycja III d) pozycja IV

3. WNIOSKI

Przeprowadzona analiza pozwoliła określić największe amplitudy drgań w trakcie ruchu ramienia robota. Drgania występowały pomiędzy pozycją drugą a trzecią oraz pozycją czwartą i pierwszą. Odpowiedzialny za ten ruch był silnik asynchroniczny (HARMONIC DRIVE). Maksymalne wartości amplitud drgań dochodziły w tych przypadkach do 20 m/s^2 . Jednocześnie zaobserwowano w tych ruchach szybkie wytlumienie drgań po zahamowaniu układu (rys 5 i 7). Dla ruchów pomiędzy pozycjami pierwszą a drugą oraz trzecią i czwartą, w których uczestniczył silnik (MAXON EC 32) zaobserwowano wydłużony okres wytlumienia drgań po zahamowaniu dochodzący do 3.5 sekundy (rys 4 i 6).

Przeprowadzane badania wykazały złożoność problemu analizy drgań dla prototypu robota Robin Heart 1. Dalsze prace wymagają zastosowania pełnej analizy modalnej w której zostaną określone zmiany parametrów modalnych w funkcji przemieszczenia ramienia robota.

LITERATURA

1. Kostka P., Nawrat Z., Małota Z., Pruski R.: System sterowania rodziny manipulatorów kardiochirurgicznych Robin Heart 0,1,2 – rozwiązania techniczne . Automation 2004, Warszawa, PIAP, 467-476
2. Pietraszek S., Kostka P., Nawrat Z.: Analiza ruchów ramienia robota kardiochirurgicznego Robin Heart I z wykorzystaniem monolitycznych czujników przyspieszenia i żyroskopów. Postępy robotyki. Przemysłowe i medyczne systemy robotyczne. Praca zbiorowa pod redakcją Krzysztofa Tchonia. Warszawa 2005, s. 167-173.

ANALYSES OF DYNAMIC CHARACTERISTIC FOR DIFFERENT CONFIGURATIONS OF SURGICAL ROBOT POSITIONS

Summary. Quite important think in a medical aspect of using a surgery robot, is to get a very precise trajectory with minimized amplitude of a grasp vibration during a normal exploitation inside a human body. This Point of view needs to define a dynamic characteristic of medical robot prototype. In the subject of robot dynamics, the character of the vibrations which occurs during normal exploitation was analyzed to find a dynamic characteristic and also to define resonance frequencies. Dynamic response of the prototype, during a normal use, was received for different configuration of the robot arm to obtain the most unprofitable one with the biggest amplitude of deviation in positioning the executive part of the kinematics chain.