

## Streszczenie

Wyniki przedstawione w pracy dotyczą dynamiki oraz możliwości synchronizacyjnych (synchronicznego ruchu okresowego) układu składającego się szeregu wahadeł podwójnych podczepionych do belki. W skład pracy wchodzi trzy artykuły opublikowane w czasopiśmie z listy JCR.

W pierwszym artykule "Synchronization configurations of two coupled double pendula" analizowany model układu składa się z belki oraz dwóch wahadeł podwójnych podczepionych do niej. Ruch wahadeł wymuszany jest mechanizmem zegarowym umieszczonym pomiędzy górnymi a dolnymi wahadłami w każdym podwójnym wahadle. Zaproponowany model został opisany za pomocą układu równań różniczkowych drugiego rzędu. Uzyskany układ równań dał możliwość wyznaczenia wartości energii przekazywanych pomiędzy poszczególnymi elementami układu. Bilans energii pozwolił na analizę stanów synchronicznych wahadeł podwójnych. Dla rozważanego układu istnieją cztery takie stany. Następnie przeprowadzono badania numeryczne mające na celu potwierdzenie uzyskanych wyników analitycznych. Obliczenia wykonano dla wahadeł identycznych tzn. o jednakowych masach i długościach, oraz dla wahadeł nieidentycznych (zmieniano długość wahadeł). Dla wahadeł identycznych obliczono wykresy bifurkacyjne i wyznaczono obszary istnienia poszczególnych rodzajów synchronizacji przy zmianie częstości drgań własnych belki. Następnie sprawdzono zakresy stabilności w/w rozwiązań dla nieidentycznych wahadeł.

Dla potrzeb drugiego artykułu "Synchronization of two self-excited double pendula" zmieniono mechanizm wychwytowe napędzające dolne wahadła na tłumienie van der Pola napędzające górne wahadła. Układ również składał się z dwóch wahadeł podwójnych. Następnie dla tego układu stworzono opis matematyczny w postaci układu pięciu równań różniczkowych drugiego rzędu. Badania analityczne dla tak opisanego modelu przeprowadzono zakładając, że wahadła są identyczne. Analiza ta składała się z wyznaczenia bilansu energii oraz wyznaczenia możliwych stanów synchronizacyjnych. W przypadku układu wahadeł identycznych udało się wyznaczyć cztery możliwe stany synchroniczne. Następnym krokiem były badania numeryczne. Analizę numeryczną przeprowadzono przy pomocy programu do śledzenia orbit okresowych. W badaniach tych potwierdzono występowanie wszystkich stanów synchronizacyjnych uzyskanych metodą analityczną. Dalsze badania numeryczne dotyczyły analizy bifurkacyjnej uzyskanych rozwiązań okresowych przy zmianie częstości drgań własnych belki. Stwierdzono, że w badanym zakresie wartości parametru bifurkacyjnego dwa z czterech rozwiązań są zawsze stateczne, natomiast pozostałe dwa zmieniają swoją stateczność.

Ostatnim etapem badań było rozszerzenie analizy na dowolną liczbę wahadeł podwójnych. Rezultatem tych rozważań jest artykuł "Dynamics of n coupled double pendula suspended to the moving beam". Analityczne wyprowadzono warunek synchronizacji dla dowolnej liczby wahadeł podając równocześnie algorytm pozwalający na obliczenie ilości rozwiązań. Ze względu na fakt, że liczba rozwiązań rośnie wykładniczo wraz ze zwiększającą się liczbą wahadeł zaprezentowano stany synchroniczne dla 3, 4 oraz 5 wahadeł podwójnych. Dla układu złożonego z 3 wahadeł podwójnych określono cztery możliwe stany synchronizacji. Układ 4 wahadeł podwójnych synchronizował

się na cztery możliwe sposoby, natomiast dla układu złożonego z 5 wahadeł podwójnych określono 6 możliwych stanów synchronizacji. Analiza bifurkacyjna uzyskanych rozwiązań okresowych pokazała, że ich stateczność jest zależna od częstości drgań własnych belki.

*Kotabe*