

Streszczenie proponowanego projektu do wiadomości publicznej

Zrozumienie i kontrola złożonych zachowań dynamicznych występujących w praktyce inżynierskiej wymaga badania układów mechanicznych z drganiami parametrycznymi i samowzbudnymi, a także tarcie suchym, zarówno w konfiguracjach o jednym jak i dwóch stopniach swobody. Układy te funkcjonują jako podstawowe modele obejmujące główne cechy bardziej złożonych struktur, umożliwiające dokładne badanie zjawisk stabilności, rezonansu i odpowiedzi nieliniowej. Kluczowe jest zrozumienie interakcji między wzbudzeniem parametrycznym a drganiami samowzbudnymi, gdy występuje tarcie suche. Zrozumienie tego jest niezbędne do dokładnego przewidywania i ograniczania niepożądanych drgań, które mogą skutkować awarią mechaniczną lub gorszą wydajnością maszyn, pojazdów i elementów konstrukcyjnych. Na przykład przy opracowywaniu układów zawieszenia pojazdów dokładne zrozumienie tej dynamiki pomaga poprawić komfort i stabilność jazdy poprzez skuteczną redukcję drgań.

Kontrolowanie drgań parametrycznych i samowzbudnych w inżynierii lotniczej jest ważne dla uniknięcia rezonansu, który potencjalnie zagraża integralności strukturalnej statku powietrznego. Rezonanse parametryczne i drgania wzbudzone tarcie to istotne zjawiska w inżynierii, które mogą powodować poważne uszkodzenia konstrukcji i układów mechanicznych. Do niebezpiecznych rezonansów parametrycznych należą oscylacje obserwowane w mostach wiszących, takie jak słynne zawalenie się mostu Tacoma Narrows, oraz niestabilność maszyn wirujących, gdzie regularne zmiany parametrów systemu mogą powodować sytuacje rezonansowe. Drgania wywołane tarcie, zwane również drganiami samowzbudnymi, często powstają w układach, w których występuje kontakt ślizgowy, jak na przykład piski hamulców w układach samochodowych lub drgania typu stick-slip podczas wiercenia. Kiedy te procesy współdziałają, mogą uczynić je bardziej destrukcyjnymi, ponieważ rezonanse parametryczne mogą wzmocnić drgania wywołane tarcie, co może prowadzić do znacznego zużycia i ostatecznie zawalenia się konstrukcji. Zrozumienie i ograniczenie tych interakcji jest niezbędne dla niezawodnego i bezpiecznego projektowania systemów inżynierskich.

Co więcej, pomysły uzyskane w wyniku tych badań odgrywają ważną rolę w rozwoju urządzeń do pozyskiwania energii. Urządzenia te przekształcają drgania mechaniczne w energię elektryczną poprzez optymalizację warunków, w jakich te drgania występują. Dlatego też badania nie tylko poszerzają wiedzę teoretyczną, ale także oferują pragmatyczne rozwiązania rzeczywistych problemów inżynierskich. Uzasadnienie tych badań wynika ze istotnego wpływu drgań nieliniowych na funkcjonowanie i niezawodność układów mechanicznych. W trakcie tego projektu będziemy prowadzić badania numeryczne, analityczne i doświadczalne na unikalnym stanowisku. System składa się z wózka poruszającego się po liniowej prowadnicy tocznej, która jest powszechnie stosowana w różnych gałęziach przemysłu. Na sztywność układu składają się dwa elementy: liniowa składowa zmienna w czasie, wytwarzana przez obracający się pręt o prostokątnym przekroju poprzecznym oraz nieliniowa sztywność o charakterystyce progresywnej wynikająca z działania sprężyn magnetycznych. W przypadku nieliniowych oporów ruchu w łożysku tocznym zjawiska te traktuje się jako połączenie tłumienia wiskotycznego i drugiej składowej, która teoretycznie jest identyczna z tarcie suchym, niezależnie od jego rzeczywistego charakteru. Wykorzystana zostanie analiza bifurkacyjna do badania stabilności i przejść dynamicznych badanego układu. Nieliniowe równania różniczkowe zostaną rozwiązane przy użyciu technik analitycznych, takich jak metoda wielu skal i metoda bilansu harmonicznych, w celu uzyskania przybliżonych rozwiązań. Rozwiązania te zostaną następnie poddane walidacji i rozszerzeniu w drodze kompleksowych wyników numerycznych i eksperymentalnych. To dwutorowe podejście gwarantuje dokładne zrozumienie zachowania systemów w różnych zakresach parametrów, czego efektem jest pełne przedstawienie granic stabilności i zjawisk dynamicznych, takich jak chaos, cykle graniczne i bifurkacje.

Głównym celem tego projektu jest połączenie analizy teoretycznej z zastosowaniem praktycznym, zapewniając w ten sposób znaczący wgląd w temat dynamiki nieliniowej w układach mechanicznych. Systemy te są powszechnie spotykane w różnorodnych zastosowaniach inżynierskich, w których należy rozumieć, regulować i wykorzystywać drgania mechaniczne.