

Odzyskiwanie energii jest jednym z tematów badawczych podejmowanych w ostatnich latach ze względu na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska i stworzenia „zielonego” otoczenia. Klasycznymi źródłami z których możemy pobierać energię są słońce, woda, wiatr. Rozwój nowych materiałów, które wskutek ich deformacji wytwarzają potencjał elektryczny, daje możliwość odzyskiwania energii z drgań występujących w otaczającym nas środowisku. Wiele systemów kosmicznych, obiektów latających, pojazdów samochodowych, statków, robotów, elementów maszyn, wymaga bezprzewodowych układów czujników, przetworników danych, sterowników i innych elektronicznych urządzeń które muszą być zasilane przez niewielką ilość energii . Wymagają one baterii które muszą być regularnie doładowywane lub wymieniane. Dlatego urządzenia (harwestery) które dostarczają energię w sposób ciągły są bardzo pożądane w wielu systemach. Aby w pełni wykorzystać możliwość efektywnego odzyskiwania energii konieczne jest dogłębne zbadanie dynamiki harwesterów, zarówno w zakresie liniowym jak i nieliniowym, uwzględniając sprzężenia wielkości mechanicznych i elektrycznych oraz amplitud i częstości wymuszeń.

Problem naukowy podjęty w projekcie polega na zaproponowaniu nieliniowych systemów, które po odpowiednim dostrojeniu do warunków wymuszenia wykażą własności dynamiczne korzystne do odzyskiwania energii. Dwa rodzaje elementów strukturalnych wzięto pod uwagę: (1) nieliniowe belki wykonane z kompozytowych lub izotropowych materiałów, pracujące w warunkach rezonansów wewnętrznych i zewnętrznych, (2) kompozytowe powłoki o specyficznej konfiguracji, która prowadzi do dwóch lub większej liczby stanów równowagi. W obu przypadkach elementy aktywne będą zastosowane w celu odzyskiwania energii.

Wyzwaniem naukowym jest sformułowanie matematycznych modeli wymienionych struktur zawierających zintegrowane układy electro-mechaniczne. Równania ruchu struktury mechanicznej będą wyprowadzone w postaci nieliniowych równań różniczkowych cząstkowych sprzężonych dodatkowo z równaniami opisującymi mechanikę elementów aktywnych. Rozwiązania analityczne równań cząstkowych wyznaczone zostaną metodą wielu skali czasowych, zastosowaną bezpośrednio do równań cząstkowych. Rozwiązania analityczne będą zweryfikowane metodą elementów skończonych oraz badaniami doświadczalnymi.

Projekt będzie realizowany różnymi metodami. Modele matematyczne będą wyprowadzone na podstawie teorii sprężystości z zastosowaniem zasady Hamiltona. Energie kinetyczne i potencjalne będą sformułowane z uwzględnieniem sprzężeń pól mechanicznego i elektrycznego. Część analityczna będzie wykonana za pomocą obliczeń symbolicznych w pakiecie Mathematica i zweryfikowana metodą elementów skończonych. Wyprowadzone równania zostaną rozwiązane analitycznie za pomocą metody wielu skali czasowych. Inna metoda będzie polegała na redukcji równań cząstkowych do równań różniczkowych zwyczajnych. Stworzone modele teoretyczne zostaną zweryfikowane eksperymentalnie.

Wkładem projektu w rozwój dyscypliny naukowej jest stworzenie nowego kompletnego nieliniowego elektro-mechanicznego modelu harwestera belkowego i powłokowego. Spodziewane jest, że zaproponowane harwestery będą znacznie bardziej efektywne od rozwiązań przedstawionych w literaturze. Opracowane modele zredukowane pozwolą na zbadanie obszarów drgań regularnych i chaotycznych oraz ścieżek bifurkacyjnych. Modele te powinny odzwierciedlać dynamikę rzeczywistych harwesterów belkowych i powłokowych z uwzględnieniem własności elementów aktywnych oraz dynamikę obwodów elektrycznych.