

Zagadnienia dynamiki obiektów i urządzeń są przedmiotem badań naukowych i inżynierskich od wielu lat. Pożądane charakterystyki układów mechanicznych uzyskiwane są na drodze projektowania konstrukcji i/lub stosowania aktywnych systemów wspomagających. Rozwiązania te dają szansę na zarządzanie dynamiczną pracą układów, unikanie przeciążeń, nadmiernych deformacji, drgań hałasu i innych niepożądanych skutków ubocznych mogących prowadzić do uszkodzenia. W związku z tym, bezpośrednia kontrola zjawisk dynamicznych zachodzących w strukturze umożliwiłaby wydajne ograniczenie tych niekorzystnych efektów. Stosowane rozwiązania pasywne są jednak zwykle mało efektywne, natomiast układy aktywne – drogie, wymagające znacznych nakładów finansowych oraz częstego serwisowania.

Istotą zagadnienia poruszonego w niniejszym projekcie jest koncepcyjne rozwiązanie zarządzania przepływem energii mechanicznej poprzez opracowanie akustycznych urządzeń logicznych (AUL) o dostrajalnej charakterystyce spektralnej. Autorzy przewidują, że stosowanie takich urządzeń pozwoli znacząco ograniczyć drgania i hałas danego obiektu poprzez wykonywanie szeregu operacji logicznych na polach falowych propagujących w strukturze. Spośród tych działań wyróżnić należy: operacje logiczne N/AND i X/OR, filtrowanie w dziedzinie częstotliwości, multipleksowanie, kierunkowanie i przełączanie przepływu energii oraz zmiana fazy fali. Bezpośrednia realizacja takich operacji pozwala kontrolować energię mechaniczną, a tym samym ograniczyć drgania i hałas obiektu, stosując filtrację, konwersję i przekierowanie składowych częstotliwościowych fali do pożądanej części struktury o odpowiednio dobranej charakterystyce tłumienia. Ponadto zapewnia ona odizolowanie krytycznych części struktury od niepożądanych wpływów pojawiających się w wyniku zmiany warunków pracy lub wymuszenia. Z punktu widzenia współczesnych problemów naukowych i inżynierskich są to istotne zagadnienia, znajdujące również analogiczne zastosowanie w obszarach informatyki.

Głównym celem prezentowanego projektu jest opracowanie i wykonanie akustycznych (uwzględniających fale podłużne i poprzeczne) urządzeń wykonujących operacje logiczne na propagujących polach falowych. Co ważne, urządzenia te mają umożliwić dynamiczną konfigurację ich charakterystyk spektralnych, w przypadku wykazywania nieliniowych własności materiału użytego do ich wytworzenia. Zjawisko nieliniowości może być wówczas wykorzystane do opracowania nowatorskich urządzeń akustycznych operujących według nieliniowych zasad logicznych. Drugim głównym celem projektu jest rozwój nowych metamateriałów będących nośnikami fal sprężystych w układach ciągłych. Zastosowanie tych materiałów do stworzenia AUL jest możliwe poprzez ich projektowanie w oparciu o połączenie dotychczasowej pracy autorów z metodologią opartą na transformacji akustycznej (TA) oraz algorytmach optymalizacji strukturalnej. Celem jest również opracowanie rekonfigurowalnych AUL nowego typu, charakteryzujących się nieliniową odpowiedzią częstotliwościową.

Osiągnięcie powyższych celów projektu skutkujące, utworzeniem inteligentnej struktury z poszczególnych komponentów, wymaga wykonania szeregu badań. Pierwszym krokiem będzie opracowanie teoretycznych charakterystyk operacyjnych AUL wybranego typu. Innymi słowy, założenia dotyczące sterowania polem falowym będą zdefiniowane dla akustycznych bramek AND, OR i NOT, które w połączeniu stworzą kompletny układ logicznych systemów. Najważniejszymi cechami definiującymi dane AUL będą jego charakterystyki spektralne, ale również geometryczne ograniczenia projektowe i warunki brzegowe. W dalszym etapie należy rozważyć możliwość realizacji fizycznego urządzenia o zadanej charakterystyce teoretycznej i tym samym zdefiniowanej geometrii. To z kolei wymaga opracowania akustycznych metamateriałów o określonym kształcie i topologii. Następnym krokiem jest złożenie tychże metamateriałów do postaci akustycznych urządzeń logicznych, wytworzonych poprzez frezowanie i druk 3D w metalu. Kolejny etap badań będzie skoncentrowany na wykorzystaniu nieliniowych interakcji pomiędzy falami do modyfikacji charakterystyk spektralnych opracowanych AUL. Strojenie właściwości danego urządzenia będzie możliwe dzięki opracowaniu odpowiedniej geometrii wykazującej nieliniowe charakterystyki konstytutywne. To z kolei umożliwi przeprowadzenie dodawania, odejmowania i mnożenia elastycznych pól falowych. Każdy z elementów będzie dokładnie zweryfikowany pod kątem skuteczności realizacji zadanej funkcji logicznej, oraz jego charakterystyki spektralnej. Ta, zmierzona przy użyciu wibrometru laserowego w paśmie 5-20 kHz i 20-60 kHz będzie dodatkowo porównana z teoretyczną, wyznaczoną numerycznie na wcześniejszym etapie.

Skuteczne opracowanie powyższych kroków pozwoli utworzyć inteligentną konstrukcję będącą kombinacją AUL z elementami strukturalnymi, umożliwiającą kontrolę przepływu energii. Będzie ona osadzona w przykładowej konstrukcji mechanicznej i porównana ze strukturami wyposażonymi w aktywną kontrolę oraz bez żadnego systemu kontroli energii, w celu zaprezentowania możliwości zaimplementowania AUL do bardziej skomplikowanej, rzeczywistej konstrukcji służącej określonymu, pożądanemu celowi.