

## **Oparte na modelu adaptacyjno-predykcyjne sterowanie semi-aktywnych tłumików cieczowych poddanych nieznanyemu obciążeniom udarowym**

Zastosowanie hydraulicznych i pneumatycznych tłumików służących do absorpcji i dyssypacji energii uderzeń wymagane jest w wielu dziedzinach współczesnej inżynierii, m.in. w transporcie, lotnictwie, przemyśle maszynowym czy inżynierii lądowej. Najbardziej typowymi przykładami wykorzystania tłumików są amortyzatory samochodowe, podwozia lotnicze, dużej skali elementy antysejsmicznej ochrony wieżowców lub mostów o dużej rozpiętości. W każdym powyższym przypadku optymalna absorpcja energii uderzenia stanowi podstawowy problem z punktu widzenia bezpieczeństwa i ekonomii. Zastosowanie rozwiązań błędnych lub nieoptymalnych wiąże się z możliwością powstania dużych uszkodzeń, strat materialnych, a nawet zagrożenia zdrowia lub życia ludzi.

Standardowy tłumik cieczowy zaprojektowany został jako urządzenie pasywne, w którym odpowiedź mechaniczna zdefiniowana jest przez początkowe ciśnienie płynu oraz ukształtowanie szczelin zapewniających jego przepływ pomiędzy komorami znajdującymi się po przeciwnych stronach tłoka. Tym niemniej, współczesny postęp w dziedzinie materiałów funkcjonalnych umożliwił skonstruowanie szybko-sterowalnych zaworów, które mogą być zastosowane w tłumikach cieczowych, aby semi-aktywnie kontrolować aktualny przepływ płynu oraz wartość siły reakcji generowanej podczas procesu uderzenia. Tłumiki wyposażone w zawory sterujące przepływem posiadają potencjał szerokiego dostosowywania swojej aktualnej charakterystyki mechanicznej oraz adaptacji do aktualnie działającego obciążenia udarowego. Główną przeszkodą w ich szerokim zastosowaniu w praktyce inżynierskiej jest brak zaawansowanych strategii sterowania pozwalających na uzyskanie efektywnej odpowiedzi przy różnych warunkach obciążenia.

Celem projektu jest opracowanie, przetestowanie numeryczne oraz weryfikacja eksperymentalna strategii sterowania, które zapewnią wydajną i niezawodną dyssypację energii uderzenia w przypadku nieznanego obciążenia udarowego, ograniczeń szybkości działania zaworu, występowania zakłóceń procesu oraz nagłych zmian parametrów układu. Badania prowadzone w projekcie dotyczą dwóch typów tłumików:

- semi-aktywnego tłumika hydraulicznego (lub hydro-pneumatycznego) wykorzystującego kontrolowany przepływ płynu lepkiego,
- semi-aktywnego tłumika pneumatycznego wykorzystującego przepływ płynu ściśliwego.

Opracowane strategie optymalnego rozpraszania energii uderzenia oparte będą na metodach współczesnej teorii sterowania. Pierwsza część projektu będzie skupiała się na zastosowaniu metod sterowania optymalnego, które pozwolą na wyznaczenie zmiennego w czasie otwarcia zaworu zapewniającego optymalną dyssypację energii uderzenia, gdy dostępna jest kompletna informacja o obciążeniu zewnętrznym, lecz występują ograniczenia szybkości jego pracy. Druga część projektu będzie miała na celu opracowanie metod sterowania predykcyjnego, które działają efektywnie w przypadku występowania nieznanego obciążenia i zakłóceń układu dzięki sekwencyjnemu wyznaczaniu sygnału sterującego na podstawie wykonywanych pomiarów i modelu numerycznego tłumika. Z kolei trzecia część projektu będzie zorientowana na zaproponowanie metod sterowania, które są w stanie identyfikować nieznanne parametry układu (np. masę uderzającego obiektu), wykrywać występujące zmiany pozostałych parametrów układu oraz na bieżąco dostosowywać strategię sterowania. Ostatecznie, czwarta część projektu będzie miała na celu opracowanie najbardziej uniwersalnych metod sterowania adaptacyjno-predykcyjnego, które odpowiadają na wszystkie powyższe wyzwania łącząc w sobie cechy poprzednio opracowanych układów sterowania.

Ostatecznym wynikiem projektu będą strategie sterowania zapewniające wydajne i niezawodne działanie tłumika w przypadku występowania nieznanego obciążenia udarowego oraz niepełnej wiedzy o układzie. Prototyp adaptacyjnego tłumika z szybkim zaworem piezoelektrycznym zostanie wyposażony w sterownik sprzętowy z zaimplementowanymi strategiami sterowania. Badania doświadczane zostaną przeprowadzone przy użyciu wymuszenia kinetycznego i wymuszenia udarowego zrealizowanego na stanowisku zrzutowym. Przeprowadzone testy pozwolą na ostateczną ocenę efektywności i niezawodności zaproponowanych strategii sterowania w zastosowaniu do łagodzenia nieznanymi obciążeniami udarowymi.