

## **Półaktywny elektromagnetyczny tłumik drgań poprzecznych elementów powierzchniowych**

Przedmiotem wynalazku jest półaktywny elektromagnetyczny tłumik drgań poprzecznych elementów powierzchniowych takich jak obudowy urządzeń, karoserie samochodów lub innego rodzaju cienkościenne bariery lub przegrody.

Istnieje wiele rodzajów tłumików mechanicznych będących pasywnym zabezpieczeniem urządzeń narażonych na uderzenia i podlegających drganiom lub obciążeniom harmonicznym, przy czym charakterystyki ich są często dedykowane określonym zastosowaniom, a ich zakres stosowalności jest ograniczony.

Znane są rozwiązania półaktywnego tłumienia drgań z wykorzystaniem elementów piezoelektrycznych PZT oraz MFC, przedstawionych w amerykańskich opisach patentowych US3856693 i US2004040132. Dzięki własnościom piezoelektrycznym wykorzystywanych elementów energia mechaniczna w postaci drgań przetwarzana jest na energię elektryczną, która zostaje rozproszona. Skuteczność takich rozwiązań zależy głównie od efektywności rozpraszania energii. Do tego celu konieczne jest zaprojektowanie odpowiednich układów elektrycznych. Ponadto, elementy piezoelektryczne PZT lub MFC działają w dwóch różnych obwodach w zależności od stanu w jakim się znajdują (stan wysokiej sztywności lub niskiej sztywności). Stan wysokiej sztywności jest wymuszany, gdy struktura zostaje wytrącona z położenia równowagi – element znajduje się wtedy w obwodzie otwartym. W tym czasie następuje odbieranie energii mechanicznej od drgającej struktury, przetwarzanie jej na energię elektryczną oraz gromadzenie w wewnętrznej pojemności elementu. Gdy struktura wraca do położenia równowagi wymuszany jest stan niskiej sztywności, w którym następuje rozproszenie zgromadzonej wcześniej energii elektrycznej. Element znajduje się wtedy w obwodzie zamkniętym. Aby przełączanie następowało we właściwej chwili konieczne jest zastosowanie odpowiedniego prawa przełączania oraz układu elektrycznego. Istotne jest również zapewnienie sztywnego i równomiernego połączenia całej powierzchni elementu piezoelektrycznego z drgającą strukturą.

Ponadto z innego amerykańskiego opisu patentowego US5546063 znane jest rozwiązanie aktywnego, posuwisto - zwrotnego sterowania trzpieniem za pomocą pola elektromagnetycznego. Przepływający przez cewkę prąd indukuje pole elektromagnetyczne, pozwalające na sterowanie trzpieniem w kierunku zależnym od polaryzacji napięcia, z maksymalnym skokiem, ograniczonym przez sprężynę. Takie rozwiązanie jest znane także jako solenoid typu push-pull.

Opublikowany opis US 5396973 przedstawia półaktywne tłumiki z cieczami magnetoreologicznymi (MR) i elektoreologicznymi (ER), znane także jako amortyzatory o zmiennej charakterystyce tłumienia. Sterowanie twardością tłumika odbywa się poprzez regulację natężenia prądu płynącego w uzwojeniu sterującym, co powoduje zmianę przepływu przez komorę roboczą cieczy nośnej wraz z opilkami materiału ferromagnetycznego, które pod wpływem zmian natężenia pola magnetycznego układają się prostopadle do kierunku ruchu tłoka, wytwarzając siłę hamującą. Stosowane ciecze charakteryzują się dużą lepkością, co wpływa na dynamikę pracy układu dla szybkozmiennych wymuszeń.

Znane są także z opublikowanego opisu CN 202483026 rozwiązania półaktywnych piezoelektrycznych tłumików ciernych, gdzie tłumienie odbywa się poprzez generację siły tarcia, dzięki dociskaniu urządzeń wykonawczych do materiału ciernego. Powyższe konstrukcje stosowane są przede wszystkim w strukturach, gdzie występują wymuszenia o wysokich amplitudach, takich jak systemy ochrony konstrukcji budynków przed skutkami trzęsienia ziemi.

Celem wynalazku jest tłumienie drgań poprzecznych elementów powierzchniowych w sposób półaktywny, nie wymagający dostarczania energii z zewnątrz do tłumionego układu.

Istota według wynalazku charakteryzuje się tym, że wewnątrz obudowy, zamontowany jest na sztywno solenoid wyposażony w ferromagnetyczne ciężno poruszające się w sposób beztarciowy i osiowy ruchem posuwisto-zwrotnym, przy czym ferromagnetyczne ciężno połączone jest z elementem stałym przytwierdzonym do drgającej powierzchni.

Korzystnie solenoid przytwierdzony jest do drgającej powierzchni stanowiącej oparcie lub do elementu konstrukcyjnego stanowiącego oparcie.

Korzystnie ferromagnetyczne ciężno umieszcza się pod kątem od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  do drgającej powierzchni.

Prezentowane rozwiązanie elektromagnetycznego tłumika według wynalazku jest rozwiązaniem pozwalającym na redukcję drgań powierzchni bez dodawania do układu energii z zewnątrz (działanie półaktywne). Brak tarcia mechanicznego pomiędzy elementami

przyczynia się do jego bezgłośnej pracy. Ponadto, tłumik ma możliwość pracy w różnych konfiguracjach dostosowanych do aplikacji oraz możliwość tłumienia drgań na dużej powierzchni, zależnej od długości ferromagnetycznego cięgna i zastosowanego solenoidu, możliwość regulacji skoku maksymalnego ferromagnetycznego cięgna bez ingerencji w konstrukcję mechaniczną tłumika, możliwość wpływania na postać drgań determinującą efektywność emisji akustycznej drgającej powierzchni. Takie działanie pozwala osiągnąć redukcję hałasu emitowanego z urządzenia przez jej obudowę. Działanie tłumika w sposób półaktywny zapewnia stabilność układu. Możliwe jest stosowanie prawa przełączania podobnego jak dla elementów piezoelektrycznych PZT i MFC. Możliwe jest także odzyskiwanie energii odbieranej przez tłumik.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawione jest opisem przykładowego wykonania tłumika na rysunku, który przedstawia przekrój osiowy przykładowej realizacji tłumika, w trzech wariantach montażowych, Fig.1 przedstawia wariant dla tłumika zamontowanego na drgającej powierzchni w widoku z boku, Fig.2 przedstawia wariant dla tłumika zamontowanego na drgającej powierzchni oraz powierzchni do niej równoległej w widoku z boku, a Fig.3 przedstawia wariant dla tłumika zamontowanego na drgającej powierzchni oraz powierzchni obróconej o kąt  $90^\circ$  względem drgającej powierzchni w widoku z boku.

Półaktywny elektromagnetyczny tłumik według wynalazku wyposażony jest w obudowę (1), wewnątrz której, zamontowany jest na sztywno solenoid (2) przytwierdzony do drgającej powierzchni (4) stanowiącej oparcie lub dowolnego elementu konstrukcyjnego (5) stanowiącego oparcie, którego drgania są pomijalne w stosunku do drgań powierzchni, której drgania są tłumione. Ponadto solenoid (2) wyposażony jest w ferromagnetyczne cięgno (3) poruszające się w sposób beztarciowy i osiowy ruchem posuwisto - zwrotnym. Ferromagnetyczne cięgno (3) może znajdować się w płaszczyźnie równoległej względem drgającej powierzchni (4) lub może zostać umieszczone pod kątem od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  do drgającej powierzchni (4). Długość maksymalnego skoku cięgna ferromagnetycznego (3) może być regulowana bez ingerencji w konstrukcję mechaniczną tłumika.

Działanie tłumika odbywa się w sposób półaktywny, ponieważ do drgającej struktury nie jest dostarczana żadna energia. Drgania struktury powodują przemieszczenie ferromagnetycznego cięgna (3) wewnątrz solenoidu (2), co skutkuje indukowaniem się napięcia na cewce. Wykorzystując wzajemne elektromagnetyczne oddziaływanie pomiędzy solenoidem (2) i ferromagnetycznym cięgnem (3) przeciwdziała się drganiom powierzchni.