

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **230890**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **414374**

(51) Int.Cl.
F16F 7/08 (2006.01)
F16F 7/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **14.10.2015**

(54)

Sterowalne sprzęgło oraz jego zastosowanie

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

24.04.2017 BUP 09/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.12.2018 WUP 12/18

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ARKADIUSZ MRÓZ, Oświęcim, PL

JAN TOMASZ BICZYK, Warszawa, PL

JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Mariusz Kondrat

PL 230890 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sterowalne sprzęgło oraz jego zastosowanie jako węzeł kratoworamowy do tłumienia drgań.

Techniki tłumienia drgań wzbudzonych można podzielić na pasywne, aktywne i półaktywne. Pasywne tłumienie drgań sprowadza się głównie do wykorzystania materiałów o silnych cechach tłumiących (np. gumy, elastomery). Bardziej efektywne tłumienie aktywne wymaga wykorzystania aktywatorów wymuszających, zgodnie z przyjętą strategią, siły przeciwdziałające ruchowi obiektu. Związane to jest poborem energii oraz z zagrożeniem niepożądanego wzbudzenia niestabilnych drgań. Techniki półaktywne tłumienia drgań stają się coraz bardziej atrakcyjną opcją, pozwalającą na skuteczne i tanie (z punktu widzenia poboru energii) rozwiązanie problemu.

Znany jest z opublikowanego opisu patentowego DE19702518 sposób i urządzenie do dwukierunkowego aktywnego wpływania na połączenia w konstrukcjach mechanicznych, poprzez wykorzystanie zjawiska rozpraszania energii, w wyniku zmiany siły nacisku na złącze lub kilka złączy, powodowanych przez czynniki fizyczne na przykład przez piezo-aktywatory lub poprzez wykorzystanie efektu magnetostrykcyjnego. Dane rozwiązanie charakteryzuje się tym, że przejście ze stanu neutralnego do stanu aktywnego połączenia w konstrukcji (włączenie zasilania piezo-aktywatorów lub alternatywnie wywołanie efektu magnetostrykcyjnego) odpowiada przejściu od połączenia bardziej podatnego do połączenia mniej podatnego.

Znany jest też z opisu patentowego CN1542306 amortyzator cierny posiadający płytę cierną z łukowymi wycięciami, umieszczoną pomiędzy dwoma ramami zestawionymi z czterech ramion połączonych na narożach zawiasowo. W łukowych otworach płyty są umieszczone trzpienie śrub, które osadzone są w ramionach ramy i dociśnięte nakrętką. Pomiedzy nakrętkami a ramionami, na trzpieniach śrub, są piezoelementy, które zwiększają docisk ramion do płyty cierniej.

Dane rozwiązanie charakteryzuje się tym, że przejście ze stanu neutralnego do stanu aktywnego amortyzatora ciernego (włączenie zasilania piezo-aktywatorów) zwiększa nacisk ramion do płyty cierniej. Znany jest z opisu patentowego P.407763 węzeł półaktywny obejmujący dwie warstwy nośne elementu konstrukcji służący do tłumienia drgań tego elementu konstrukcji. Według wynalazku na belce złożonej z przylegających do siebie warstw jest zainstalowane sprzęgło wyposażone w aktywator oraz elementy dociskowe, które zapewniają docisk warstw w stanie pasywnym.

W stanie aktywnym docisk warstw jest całkowicie lub częściowo znoszony przez aktywator, co umożliwia uzyskanie efektu tłumienia drgań konstrukcji warstwowej.

Znane jest z opisu US8397883 sprzęgło magnetoreologiczne firmy LORD, które zawiera wirnik posiadający pierwszą i drugą powierzchnię wirnika, zewnętrzne obrzeże i co najmniej jedną część roboczą bliższą lub na obwodzie zewnętrznym. Wał ma wirnik, połączony na jednym końcu wałka, w taki sposób, aby powstrzymać względny obrót pomiędzy nimi. Obudowa obejmuje pierwszą komorę mieszczącą wirnik w taki sposób, aby umożliwić jego obracanie i zawiera generator pola magnetycznego oddalony od wirnika i skonfigurowany i rozmieszczony do przenoszenia strumienia magnetycznego przechodzącego przez sterowalny materiał między generatorem pola i częścią roboczą, w kierunku co najmniej jednej części roboczej wirnika. Sterowalny materiał jest zawarty w pierwszej komorze, w kontakcie z co najmniej jedną częścią roboczą wirnika. Działanie hamulca jest sterowane i/lub kontrolowane za pomocą elektroniki.

Celem wynalazku było stworzenie takiego sterowalnego sprzęgła, które bez zasilania będzie utrzymywane w stanie pełnej sztywności, natomiast po podaniu sygnału sterującego staje się podatne. Sterowanie zewnętrzne daje możliwość upodatkowania sprzęgła.

Istotą wynalazku jest sterowalne sprzęgło składające się z obudowy zewnętrznej, części wewnętrznej i dekla obudowy zewnętrznej, charakteryzujące się tym, że część wewnętrzna ma kształt stożka ściętego tworząc stożkowe powierzchnie cierne z wewnętrzną powierzchnią obudowy zewnętrznej oraz w części wewnętrznej umieszczony jest element aktywny, poniżej którego w jednej osi znajduje się element dociskowy, przy czym element aktywny kontaktuje się z częścią zewnętrzną za pomocą łożyska, natomiast element dociskowy kontaktuje się z częścią wewnętrzną za pomocą łożyska, a ponadto element aktywny połączony jest ze sterownikiem.

Korzystnie, element aktywny stanowi aktywator piezoelektryczny lub pręt magnetostrykcyjny.

Korzystnie, element dociskowy stanowi sprężyna talerzowa lub sprężyna spiralna lub wkładka elastomerowa.

Korzystnie, łożyska 2 i/lub 3 stanowią łożyska igiełkowe.

Kolejnym przedmiotem wynalazku jest zastosowanie co najmniej jednego sterowalnego sprzęgła w co najmniej jednym węźle konstrukcyjnym o zmiennej sztywności, przy czym co najmniej jeden element konstrukcyjny zewnętrzny przymocowany jest do obudowy zewnętrznej, natomiast co najmniej jeden element konstrukcyjny wewnętrzny przymocowany jest do części wewnętrznej.

Zgodnie z wynalazkiem wewnątrz obudowy sprzęgła znajdują się powierzchnie cierne, przez które siły kontaktowe przekazują oddziaływanie pomiędzy łączyonymi przez sprzęgło elementami. Siła docisku powierzchni ciernych jest regulowana przez wzajemne relacje między siłą generowaną przez element dociskowy, który korzystnie stanowi wstępnie sprężona sprężyna talerzowa, sprężyna spiralna czy wkładka elastomerowa a siłą generowaną przez element aktywny, który korzystnie stanowi aktywator piezoelektryczny czy pręt magnetostrykcyjny. Element dociskowy służy do maksymalnego dociśnięcia tych powierzchni ciernych tak, aby przenoszony moment skręcający był maksymalny przy zerowym napięciu zasilania aktywatora.

Element aktywny służy do częściowego lub całkowitego zniwelowania siły docisku pomiędzy powierzchniami ciernymi. Pomiedzy obudową zewnętrzną i elementem aktywnym, a także pomiędzy częścią wewnętrzną obudowy a elementem dociskowym znajdują się łożyska, które korzystnie stanowią łożyska igiełkowe. Zadaniem łożysk jest skasowanie naprężeń skręcających przenoszonych na element aktywny.

Sterowalne sprzęgło będące przedmiotem wynalazku umożliwia w zależności od wartości sygnału sterującego przyłożonego do elementu aktywnego, który korzystnie stanowi aktywator piezoelektryczny, regulację momentu skręcającego przenoszonego przez sprzęgło. W stanie pasywnym, tj. przy zerowym sygnale sterującym lub jego braku, sprzęgło przenosi maksymalny moment, natomiast przy maksymalnym sygnale sterującym sprzęgło przenosi jedynie moment resztkowy.

Powyższa cecha umożliwia zastosowanie sterowalnego sprzęgła jako węzła konstrukcyjnego, który – w określonych sytuacjach – może ulec upodatkowaniu. Przykładowo, sterowalne sprzęgła można zastosować jako węzły aktywne w wybranych węzłach konstrukcji ramowej. Jak wykazały symulacje numeryczne oraz badania eksperymentalne, takie zastosowanie sprzęgieł w połączeniu z odpowiednim algorytmem sterującym umożliwia bardzo efektywne tłumienie drgań swobodnych konstrukcji ramowej.

Wynalazek został bliżej przedstawiony w przykładach wykonania oraz na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przekrój poprzeczny przez sterowalne sprzęgło, fig. 2 przedstawia sterowalne sprzęgło zastosowane jako węzeł konstrukcyjny o zmiennej sztywności, fig. 3 przedstawia charakterystykę dwóch przykładowych sterowalnych sprzęgieł w postaci zależności momentu skręcającego w funkcji napięcia, fig. 4 przedstawia charakterystykę hamulca magnetoreologicznego firmy LORD o podobnych gabarytach i masie, fig. 5 przedstawia zmierzony przebieg amplitudy przemieszczenia drgań końcówki badanej, przykładowej konstrukcji tłumionej.

Zgodnie z wynalazkiem przedstawionym na fig. 1, sterowalne sprzęgło zawiera obudowę zewnętrzną 6 część wewnętrzną 7 i dekiel obudowy zewnętrznej 5. We wnętrzu części wewnętrznej 7 umieszczony jest element aktywny 1, poniżej którego w przestrzeni pomiędzy częścią wewnętrzną 7 a zewnętrzną 6, współosiowo umieszczony jest element dociskowy 4. Część wewnętrzna 7 ma kształt stożka ściętego, tworząc stożkowe powierzchnie cierne (kontaktu) z dopasowaną powierzchnią wewnętrzną części zewnętrznej 6. Stożkowe powierzchnie cierne są dociskane przez element dociskowy 4, umieszczony pomiędzy obudową zewnętrzną sprzęgła 6, a jego częścią wewnętrzną 7, przy czym jeden jego koniec przylega bezpośrednio do dekla obudowy zewnętrznej 5, a drugi jego koniec przylega do części wewnętrznej sprzęgła 7 za pośrednictwem łożyska igiełkowego 3. Korzystnie element dociskowy 4 stanowi wstępnie sprężona sprężyna talerzowa lub sprężyna spiralna lub wkładka elastomerowa. Część wewnętrzna 7 wyposażona jest w gniazdo elementu aktywnego. Korzystnie element aktywny 1 stanowi aktywator piezoelektryczny lub pręt magnetostrykcyjny. Jeden koniec elementu aktywnego 1 przylega do obudowy zewnętrznej 6 za pośrednictwem łożyska igiełkowego 2, a drugi koniec przylega bezpośrednio do gniazda elementu aktywnego. Element aktywny 1 jest od strony wewnętrznej przymocowany za pomocą połączenia śrubowego, a od strony zewnętrznej przylega do łożyska igiełkowego 2. Wszystkie połączenia są pasowane, zapewniające jak najmniejsze luzy na obu końcach elementu aktywnego.

Element aktywny 1 umożliwia bardzo szybkie, całkowite lub częściowe zrównoważenie siły docisku elementu dociskowego 4 powodując w ten sposób zmianę siły tarcia w połączeniu ciernym oraz zmianę maksymalnego momentu przenoszonego przez sprzęgło. Sterowalne sprzęgło połączone jest ze strownikiem, który umożliwia sterowanie elementem aktywnym 1. Sterowanie może odbywać się za pomocą układu elektrycznego złożonego z (a) czujnika monitorującego bieżące wychylenie konstrukcji,

(b) układu kontrolno-pomiarowego, który to układ generuje sygnał sterujący na podstawie zaimplementowanego algorytmu, w oparciu o wielkość zmierzoną przez czujnik oraz (c) aparatury sterującej aktywatorem/aktywatorami.

Charakterystyki dwóch egzemplarzy sterowalnych sprzęgieł według wynalazku otrzymanych na statycznym stanowisku eksperymentalnym przedstawiono na fig. 3.

Na fig. 4 zamieszczono charakterystykę hamulca magnetoreologicznego firmy LORD, o podobnych gabarytach i masie w celu porównania parametrów. Hamulec magnetoreologiczny maksymalne wartości przenoszonych momentów uzyskuje dla maksymalnego sygnału sterującego natomiast dla sterowalnego sprzęgła według wynalazku w stanie pasywnym (bez zasilania), przy czym określenie moment oznacza moment działający wokół osi sprzęgła (który to moment próbuje obrócić część wewnętrzną względem części zewnętrznej).

Jednym z możliwych zastosowań sterowalnego sprzęgła według wynalazku jest wykorzystanie go jako węzła konstrukcyjnego o zmiennej sztywności, przeznaczonego do efektywnego tłumienia drgań konstrukcji. W przykładzie zastosowania pokazanym na fig. 2 sterowalne sprzęgło 8 może być umieszczone w niektórych węzłach konstrukcji tłumionej tworząc połączenia kratowo-ramowe pomiędzy elementami konstrukcyjnymi 10, 11 i 12. Korzystnie jest umieścić sterowalne sprzęgła 8 w węzłach bliskich umocowania belki wspornikowej.

Pozostałe węzły konstrukcyjne stanowią połączenia typowe, pasywne, o stałej sztywności 9. Węzeł kratowo-ramowy stanowi połączenie trzech elementów konstrukcyjnych, przy czym dwa z tych elementów 10 i 11 są przymocowane do części zewnętrznej obudowy sprzęgła 6, natomiast trzeci element konstrukcyjny 12 jest przymocowany do części wewnętrznej 7 sterowalnego sprzęgła 8. Alternatywnie więcej niż dwa elementy konstrukcyjne mogą być przymocowane do części zewnętrznej.

Jak wykazały badania eksperymentalne, sprzęgło będące przedmiotem wynalazku zainstalowane w dwóch egzemplarzach na konstrukcji tłumionej, w połączeniu z odpowiednim algorytmem sterowania pracą tych sprzęgieł, wykazały bardzo wysoką efektywność w tłumieniu drgań swobodnych konstrukcji. Przykładowy, zarejestrowany przebieg amplitudy przemieszczenia drgań końcówki badanej konstrukcji, przedstawionej na fig. 2, pokazany jest na fig. 5. Konstrukcja jak pokazano na fig. 2 przymocowana była do ściany, następnie wzbudzona do powstania drgań, za pomocą przemieszczenia początkowego końcówki konstrukcji. Tak został zarejestrowany przebieg amplitudy jako przebieg referencyjny. Następnie po wzbudzeniu konstrukcji do drgania został aktywowany algorytm sterowania sprzęgłami – co odpowiada amplitudzie dla drgań tłumionych.

Na fig. 5 przebieg zaznaczony linią cienką odpowiada drganiom referencyjnym, przy węzłach kratowo-ramowych pracujących w stanie sztywnym (ramowym), natomiast przebieg zaznaczony linią grubą odpowiada drganiom tłumionym za pomocą sterowalnych sprzęgieł. Wartość amplitudy przemieszczenia została zredukowana o 92,5% po 6 cyklach oscylacji i o 98,0% po 10 cyklach oscylacji.

Zaletą wynalazku w kontekście jego zastosowania jako węzła konstrukcyjnego – w porównaniu ze sterowalnym hamulcem – jest cecha polegająca na pełnej sztywności w stanie pasywnym. Oznacza to bowiem, że przy awarii zasilania, problemach z aparaturą lub w jakiegokolwiek innej nietypowej sytuacji wynalazek będzie pracował w stanie pełnej sztywności, tj. nie osłabi konstrukcji. Ma to znaczenie z punktu widzenia niezawodności konstrukcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sterowalne sprzęgło składające się z obudowy zewnętrznej (6), części wewnętrznej (7) i dekla obudowy zewnętrznej (5), **znamiennie tym**, że część wewnętrzna (7) ma kształt stożka ściętego tworząc stożkowe powierzchnie cierne z wewnętrzną powierzchnią obudowy zewnętrznej (6) oraz w części wewnętrznej (7) umieszczony jest element aktywny (1), poniżej którego w jednej osi znajduje się element dociskowy (4), przy czym element aktywny (1) kontaktuje się z częścią zewnętrzną (6) za pomocą łożyska (2), natomiast element dociskowy (4) kontaktuje się z częścią wewnętrzną (7) za pomocą łożyska (3), a ponadto element aktywny (1) połączony jest ze sterownikiem.
2. Sterowalne sprzęgło według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że element aktywny (1) stanowi aktywator piezoelektryczny lub pręt magnetostrykcyjny.
3. Sterowalne sprzęgło według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że element dociskowy (4) stanowi sprężyna talerzowa lub sprężyna spiralna lub wkładka elastomerowa.

4. Sterowalne sprzęgło według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że łożyska 2 i/lub 3 stanowią łożyska igielkowe.
5. Zastosowanie co najmniej jednego sterowalnego sprzęgła opisanego w zastrz. 1-4 w co najmniej jednym węźle konstrukcyjnym o zmiennej sztywności, przy czym co najmniej jeden element konstrukcyjny zewnętrzny przymocowany jest do obudowy zewnętrznej (6) natomiast co najmniej jeden element konstrukcyjny wewnętrzny przymocowany jest do części wewnętrznej (7).

Rysunki

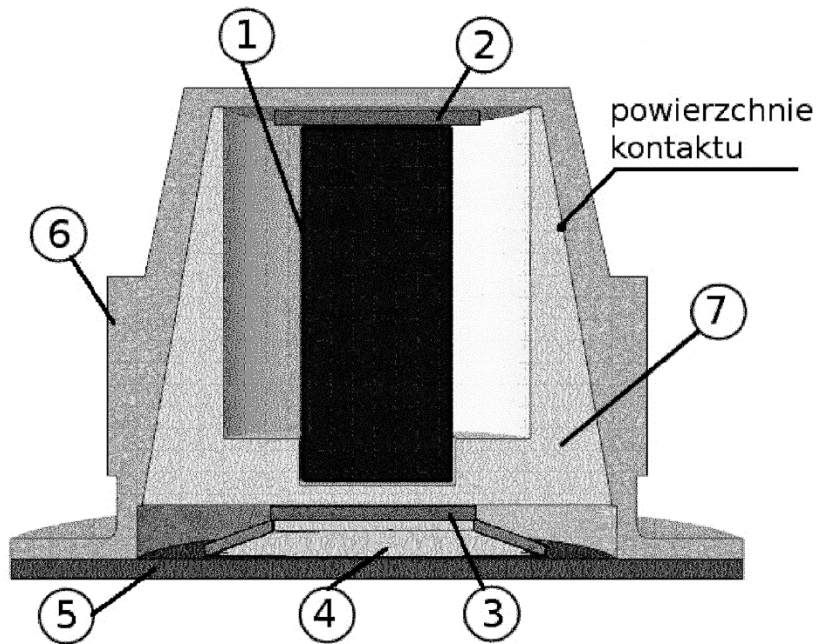


Fig. 1

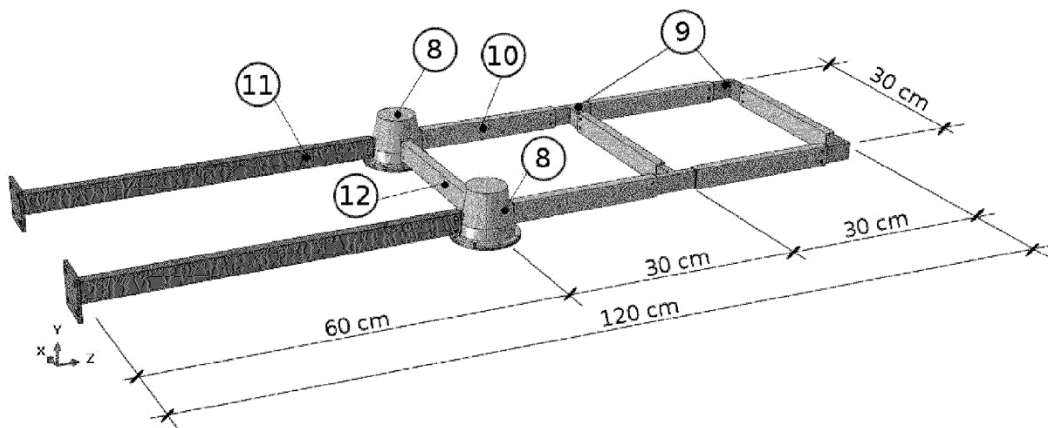


Fig. 2

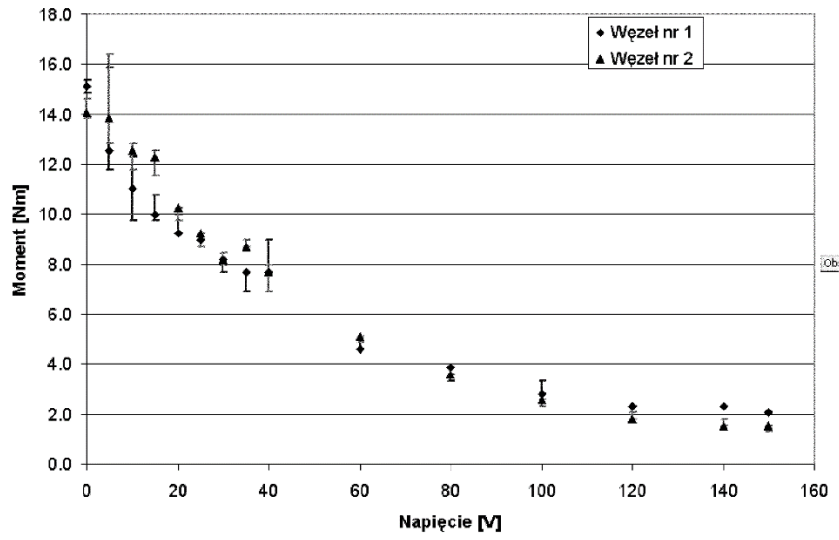


Fig. 3

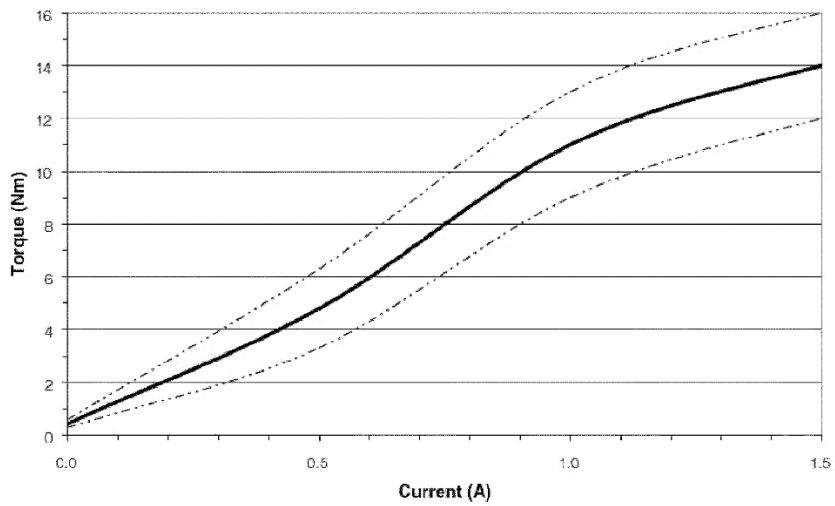


Fig. 4

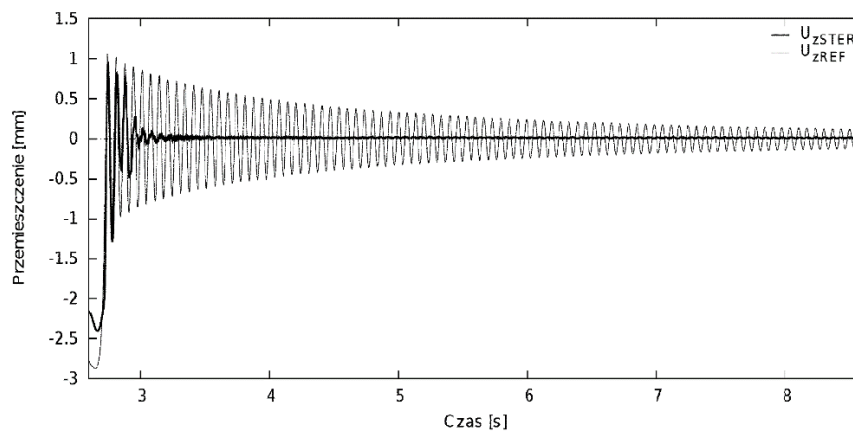


Fig. 5