



Vývoj semiaktivního odpružení pro kosmonautiku

Autor: Ing. Ondřej Macháček
Vedoucí: doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc.

Ústav
konstruování

Projekt disertační práce

Obsah:

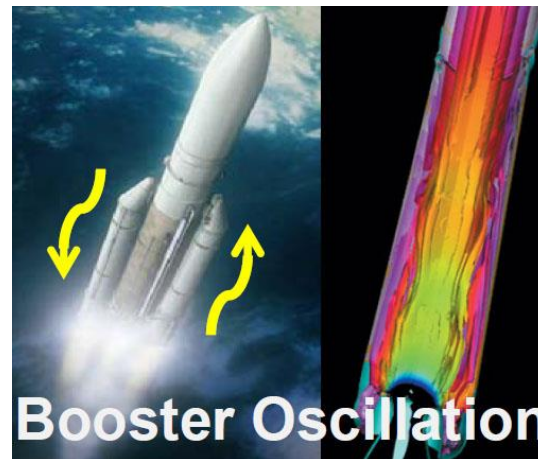
Motivace

Současný stav poznání

Cíle disertační práce

Postup řešení a čas. plán

Spolupráce

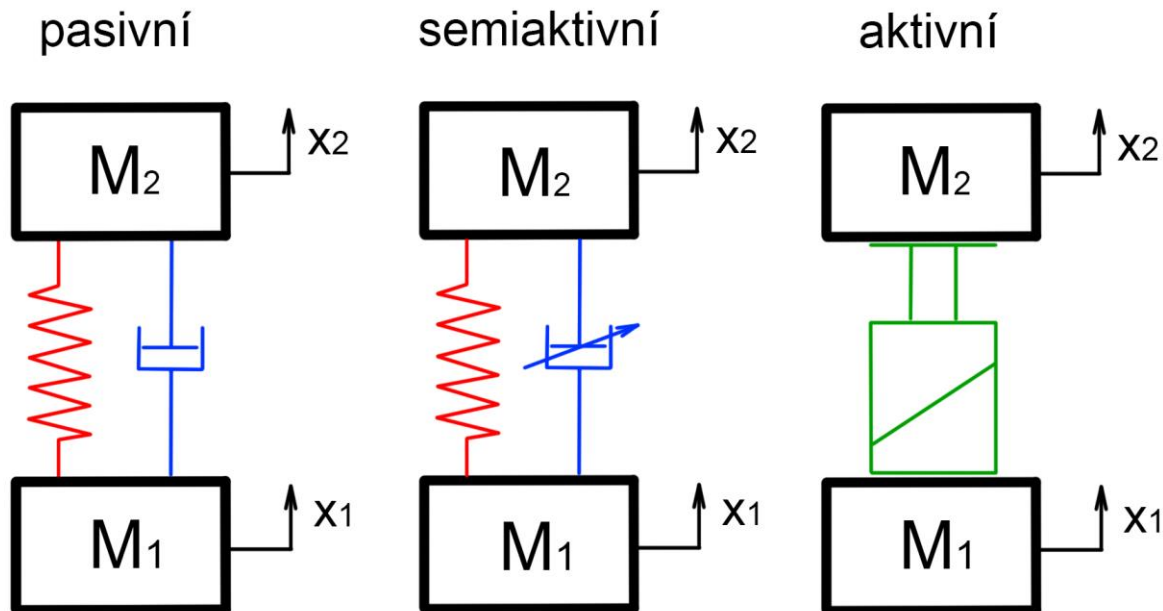


European Space Agency

Honeywell

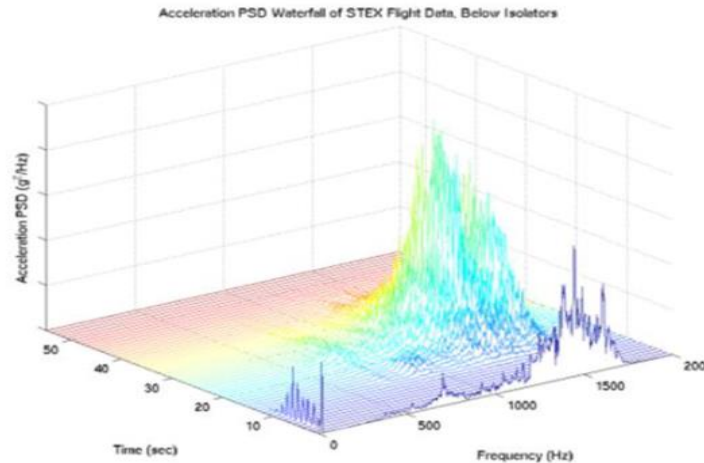
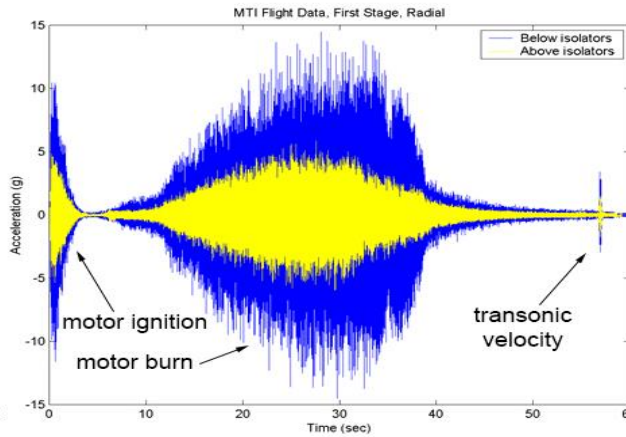
Druhy vibroizolačních plošin

- Pasivní - levné, spolehlivé, ale obtížné nastavení
- Aktivní - velice účinné, ale energeticky náročné
- Semiaktivní - vibrace tlumí pomocí regulace tlumící síly (MR tlumič)

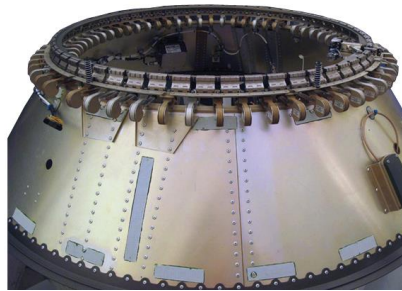
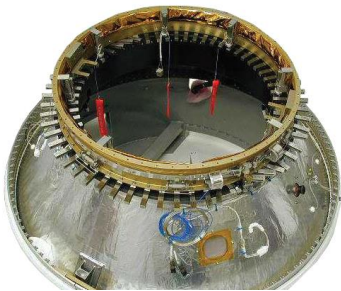


Overview of payload vibration isolation systems

(pro lety NASA do roku 2005)

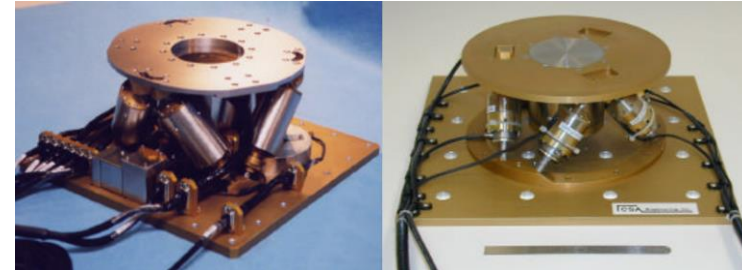


Vibrace během letu kos. nosiče



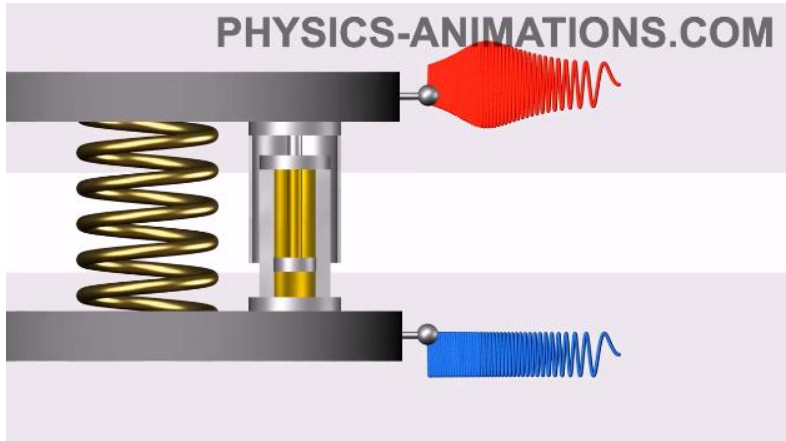
Pasivní systémy

Aktivní systémy



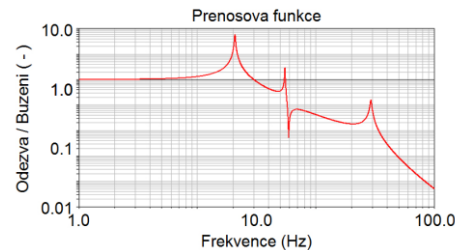
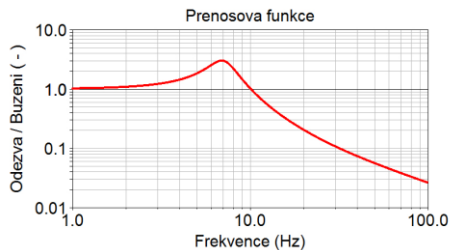
[Carantu I. - 2005]

Modeling and Optimization of Octostrut Vibration Isolation Platform by FRF-Based Substructuring Method



Komplikovanější
struktura nákladu

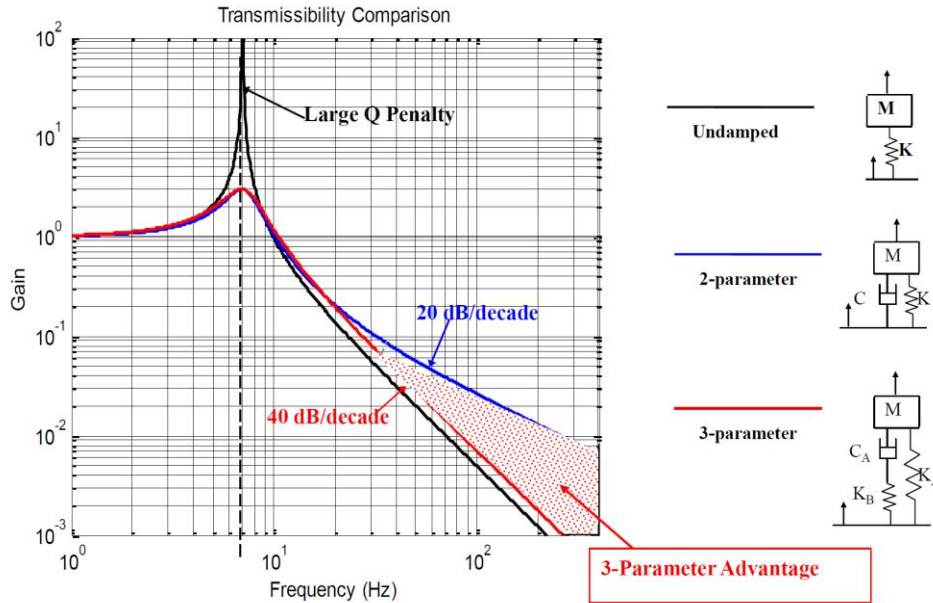
Optimalizace
na základě
přenosové fce.



[Xiuchang H. - 2015]

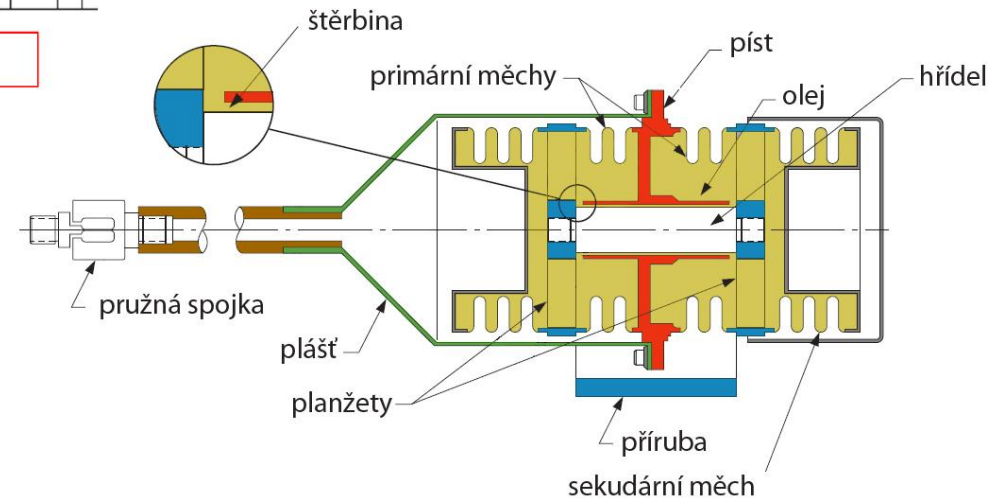


Advanced 1.5 Hz passive viscous isolation system



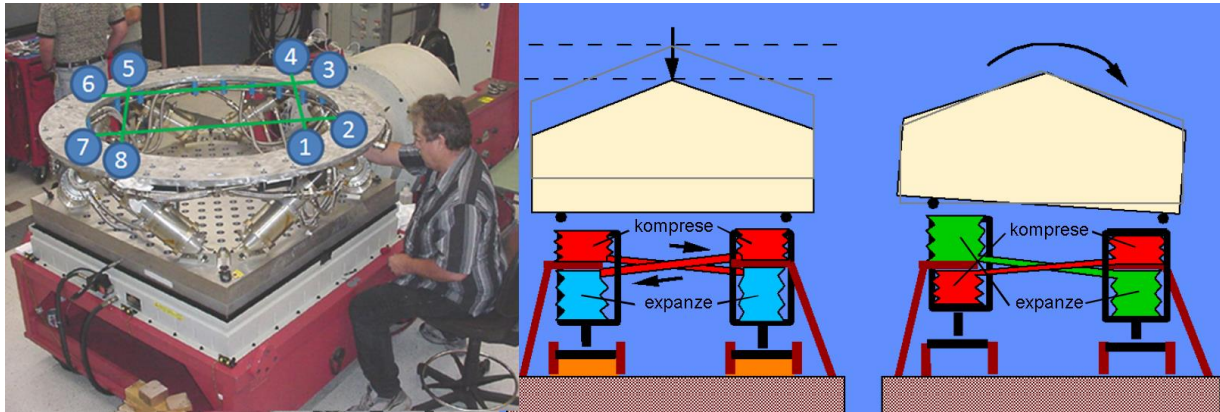
Výhoda tří-parametrického systému

Konstrukce vzpěry s vlnovci



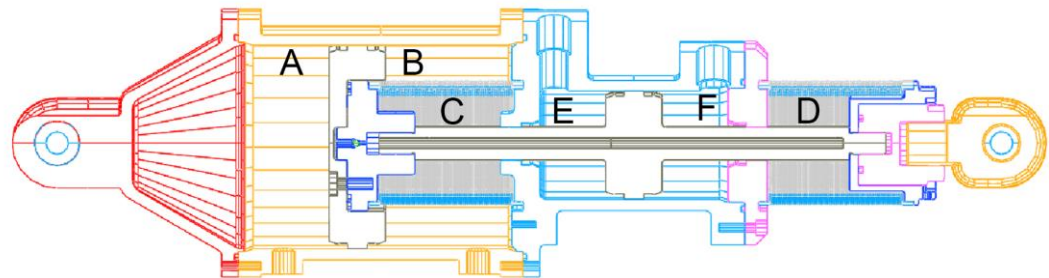
[Porter D. - 1994]

Evolved launch vibration isolation system (ELVIS) demonstration unit test results



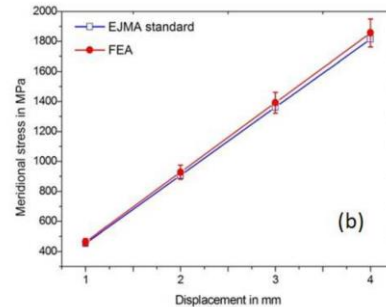
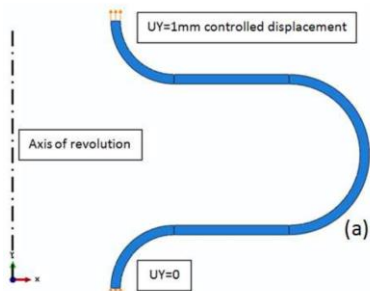
Kapalinový stabilizátor
pro vyztužení
příčného směru

Konstrukce vzpěry s vlnovci



[Ruebsamen D. T. - 2003]

Analysis of Static Mechanical Behaviour of Metal Bellows Using Finite Element Modeling



[Dinesh B. P. - 2014]

MKP model pro simulaci meridiánového napětí ve vlnovci při ax. deformaci

Research of the flexible bellow with the MR fluid

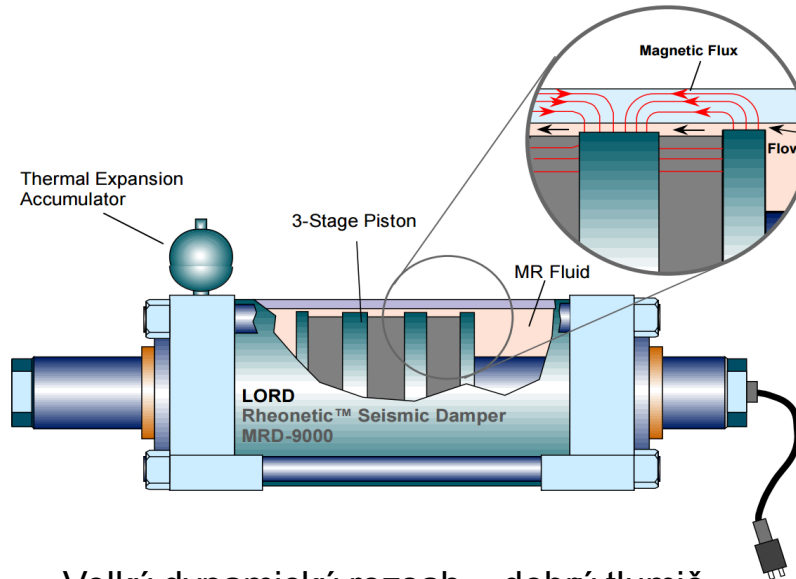
Jediný člunek řešící MR kapalinu v ocelovém vlnovci

Měření sedimentace (usazování železných částic kapaliny)

[Mažeika J. - 2010]



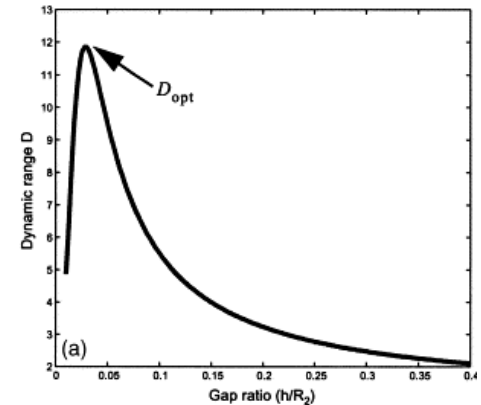
Large-scale MR fluid dampers: modeling and dynamic performance considerations



Velký dynamický rozsah = dobrý tlumič

Tlumičí síla v aktivovaném stavu

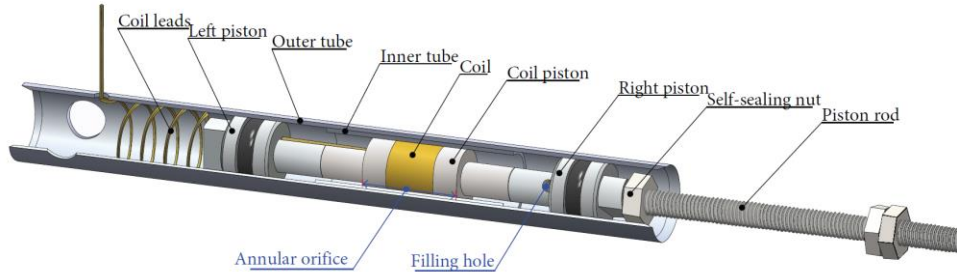
Tlumičí síla v neaktivovaném stavu



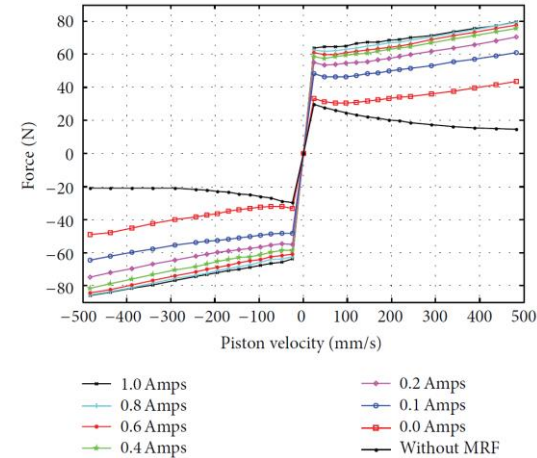
Dynamický rozsah v závislosti na geometrii tlumiče

[Yang G. - 2002]

Large-scale MR fluid dampers: modeling and dynamic performance considerations

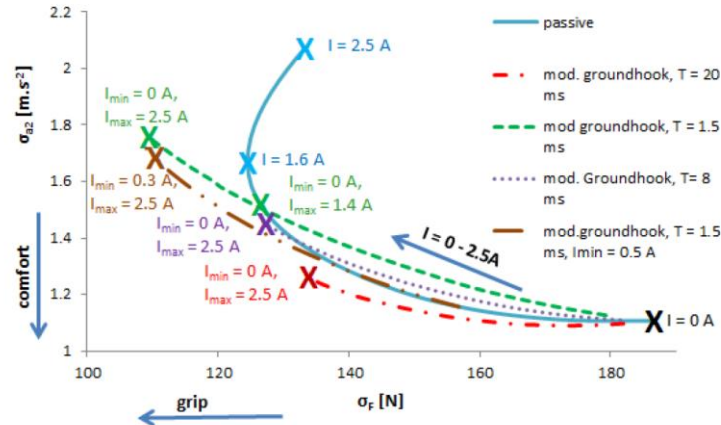


[Wang Q. - 2014]



Tření těsnění je velké riziko pro dyn. rozsah

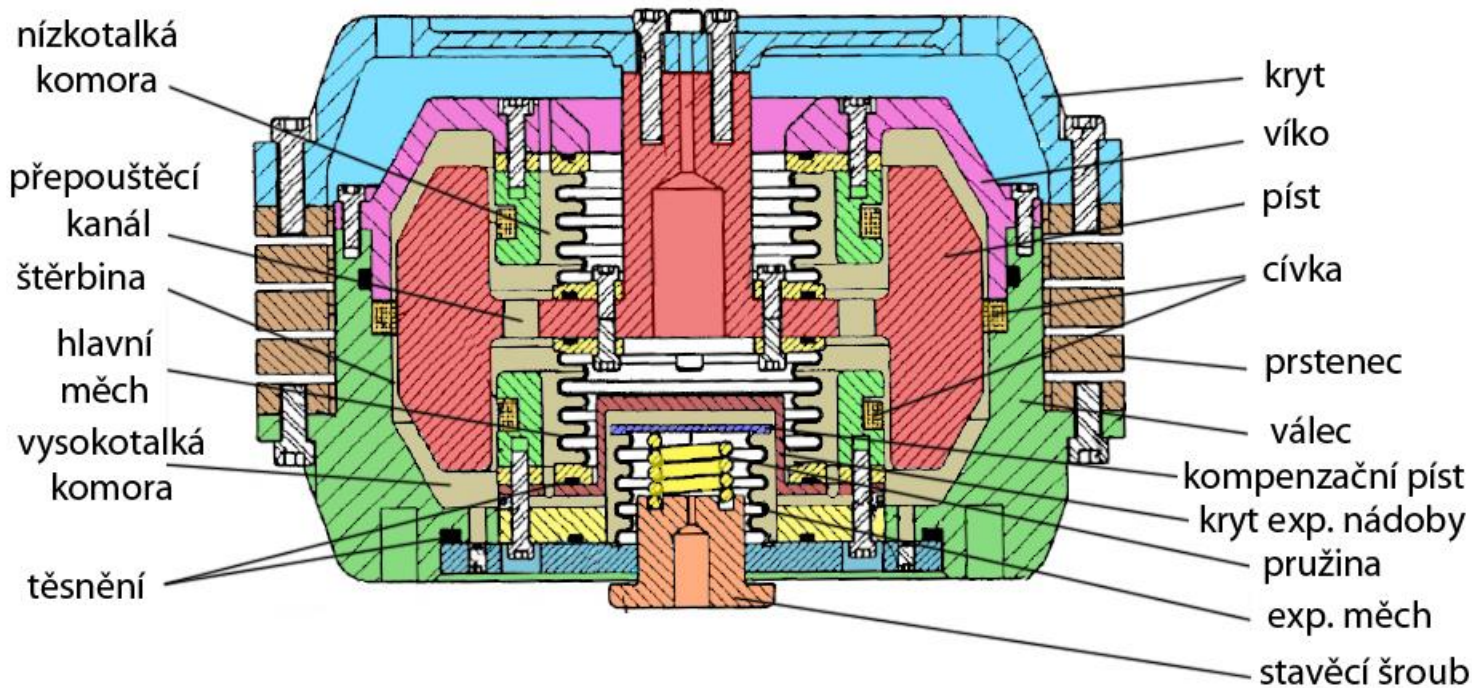
Limiting factors of the response time of the MR damper



Krátká odezva = dobrý tlumič

[Strecker Z. - 2014]

Magnetorheological Fluid Vibration Isolator



Vedení zajištěno deformací krytu

Těsnění pouze statická



Minimální pasivní odpory, takže i velký dyn. rozsah

[Kelso J. - 2005]

MR technologie se zdá být vhodná pro toto použití

- Pro efektivní eliminaci vibrací pasivními systémy je klíčové správné nastavení parametrů (tuhost, tlumení...) – ideálně adaptivní
- Vibrace během letu kosmického nosiče mají velmi široké spektrum
- Aktivní systémy jsou sice velmi efektivní, ale také náchylnější k poruše, hmotné a energeticky náročné

=> Semiaktivní systém – MR tlumič

Efektivní MR tlumič musí:

- mít krátkou odezvu (eliminace vířivých proudů)
- vykazovat co nejmenší pasivní odpory (nahrazení O kroužků)
- dobře izolovat frekvence vyšší než je možno řídit (tříparametrické zapojení)

Návrh výroba a testování vzpěry s MR tlumičem

Dílčí cíle:

- Minimalizovat **pasivní odpory** na **méně než 10% z maximální tlumicí síly**
- Minimalizovat **časovou odezvu** tlumiče na **méně než 2 ms**
- Minimalizovat **přenos**, v celém rozsahu musí být **nižší než 1,5**

Požadované parametry vzpěry:

Primární tuhost:	$k_A = 1230 \text{ N/mm}$
Sekundární tuhost:	$k_B = 60\,000 \text{ N/mm}$
Koeficient tlumení:	$C_A = 26 \text{ Ns/mm}$
Max. namáhání vzpěry	$F_{\max} = 38\,000 \text{ N}$

Otázka

O kolik decibelů vylepší nově vyvíjený systém přenos vibrací v porovnání s původním – kuželem z kompozitu, na frekvenci 50 Hz?:

Pracovní hypotéza

Frekvence 50 Hz je vybrána, protože na této frekvenci pracují motory. Systém bude naladěn cca na 10 Hz, na pětinasobné frekvenci se projeví výhoda tříparametrického systému. Zároveň pokud bude tlumič dostatečně rychlý, bude možné jej řídit i pro tuto (pro běžné MR tlumiče příliš vysokou) frekvenci.

Otázka

Která ze struktur magnetického obvodu bude vykazovat nejnižší odezvu?

Pracovní hypotéza

Vířivé proudy zpomalují magnetické obvody. Pokud prodloužíme smyčky vířivých proudů, dojde ke zrychlení odezvy. Jako nejvýhodnější se jeví obvod sestavit z tenkých plechů, jejichž hranice budou kolmé na siločáry.

Články:

Vlnovce jako součást tlumičů
Odezva různě strukturovaných magnetických obvodů
MR vzpěra

Alespoň jeden do Impaktovaného časopisu

Seznam potencionálních periodik:

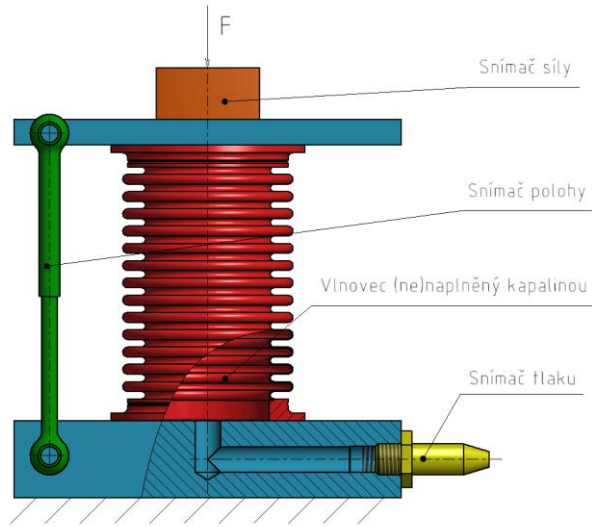
Materials and Design	IF 3,51
Smart materials and structures	IF 2,45
Mechatronics	IF 1.82
Acta Mechanica Journal	IF 1.47
International Journal of Smart and Nanomaterials	IF 1.31
Journal of Vibroengineering	IF 0.66

Patent:

MR vzpěra
(s minimálním třením
a krátkou odezvou)

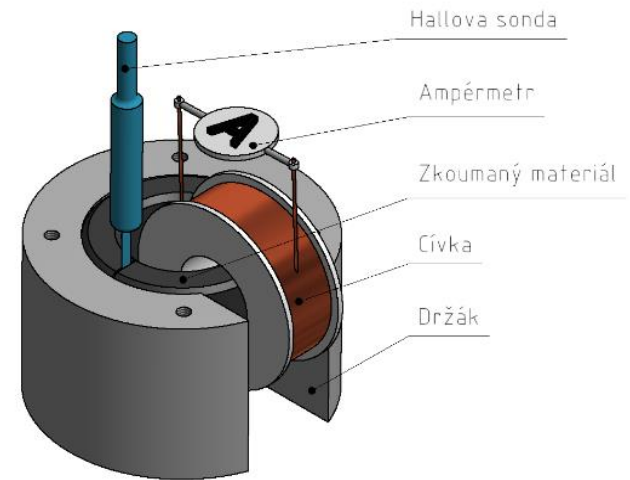
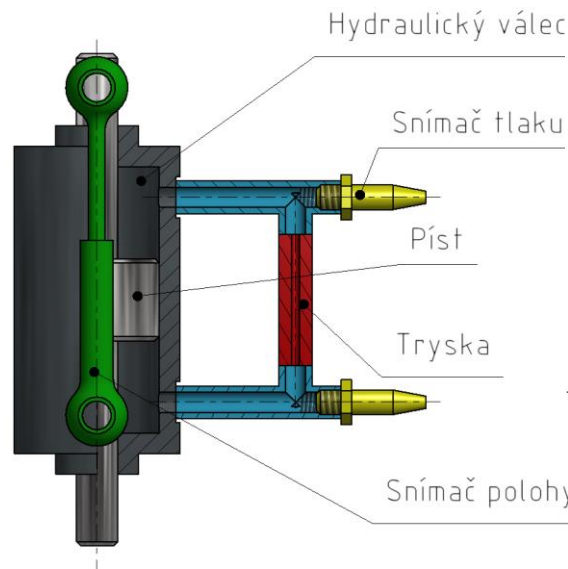
(Funkční vzorky)
Experimentální zařízení
Vzpěra

Pro návrh vzpěry jsou zásadní 3 modely, které budou ověřeny experimenty:



Primární i sekundární tuhost vlnovců

Hydraulické ztráty při proudění kapaliny



Časová odezva magnetického obvodu

Po ověření správnosti za pomoci experimentů budou modely využity pro návrh vzpěry

Spolupráce s institucemi a předpokládané náklady

Uskutečněné:

Honeywell (HS13457187)
FEKT (SVJ – Kubík)

Připravované:

ESA
HONEYWELL (HS)
FEKT (SVJ)
UNIVERSITE DE NICE (TWINING)
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (TWINING)

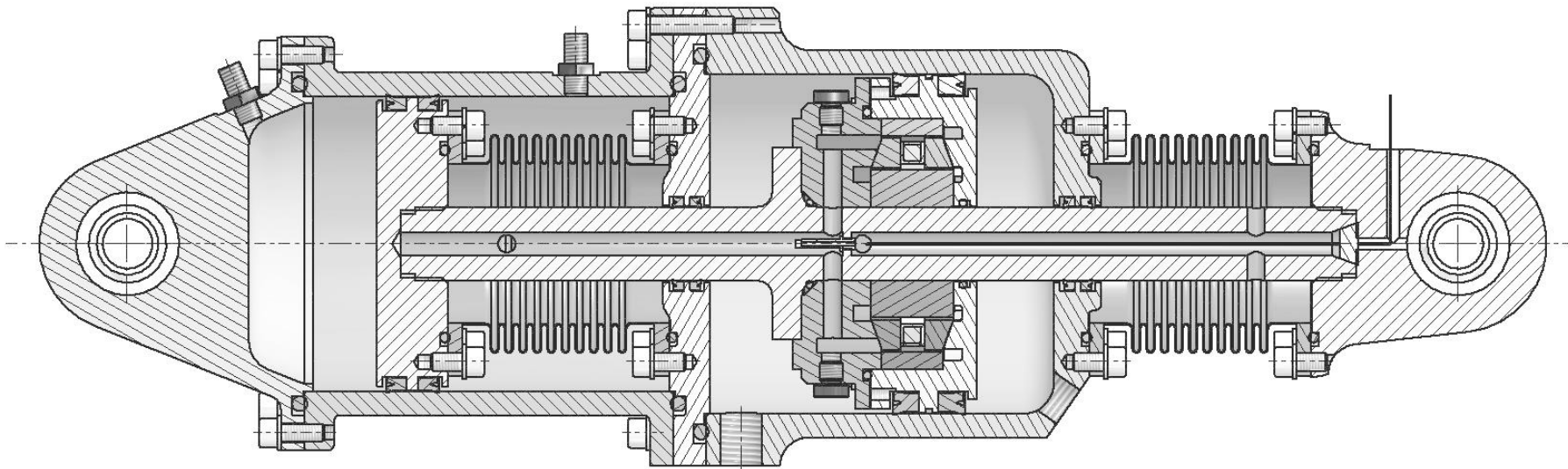


Honeywell



Položka	Částka	Zdroj
Osobní náklady	380 000 Kč	HS13457187
Nákup vlnovců pro experimenty	80 000 Kč	HS
Výroba testovacího standu pro ověření magnetických vlastností	12 000 Kč	SVJ - Kubík
Výroba vzorků pro ověření magnetických vlastností	35 000 Kč	SVJ
Výroba experimentálního zařízení pro ověřování vibroizolačních vlastností	25 000 Kč	HS
Výroba vzpěry pro testování	50 000 Kč	HS

- [1] CARUNTU, Dumitru I. a Christopher SHOVE. Overview of payload vibration isolation systems. *Proceedings of the ASME Design Engineering Division*. New York: [s.n.], 2005, (Pts A and B).
- [2] DINESH BABU, P., S. KEERTHI PRASATH, M. BARANI DHARAN, C. VENKAT RAMAN, R. NARAYANAN a K.C. GANESH. Analysis of Static Mechanical Behaviour of Metal Bellows Using Finite Element Modeling. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, (vol 3): 996-1000. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.592-594.996. ISSN 1862-7482.
- [3] KELSO, J. a E. LINDER. *Magnetorheological Fluid Vibration Isolator*.
- [4] MAZEIKA, D, J KUNEVICIUS, V VOLKOVAS a E DRAGASIUS. Research of the flexible bellow with the magnetorheological fluid. *JOURNAL OF VIBROENGINEERING*. 2010, (Volume: 12 Issue: 4).
- [5] PORTER, Davis, Dave CUNNINGHAM a John HARRLER. Advanced 1.5 Hz Passive Viscous Isolation System. In: *Adaptive Structures Forum*. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1994, -. DOI: 10.2514/MASF94.
- [6] RUEBSAMEN, Dale T. Evolved launch vibration isolation system (ELVIS) demonstration unit test results. In: *Proc. of the 2003 S/C and L/V dynamics Environments Workshop, The Aerospace Corporation*. El Segundo: California, 2003.
- [7] STRECKER, Z, J ROUPEC, I MAZŮREK a M KLAPKA. Limiting factors of the response time of the magnetorheological damper. *International journal of applied electromagnetics and mechanics*. Washington: IOS Press, 2015, (vol. 47 2). ISSN 1383-5418.
- [8] WANG, Qiang, Mehdi AHMADIAN a Zhaobo CHEN. A Novel Double-Piston Magnetorheological Damper for Space Truss Structures Vibration Suppression. *Shock and Vibration*. 2014, (vol 2014): 1-11. DOI: 10.1155/2014/864765. ISSN 1070-9622.
- [9] WIJCKER, Jaap J. *Spacecraft structures*. Berlin: Springer, c2008, 504 p. ISBN 35-407-5553-5.
- [10] XIUCHANG,, Sun JINGYA, HONGXING a ZHIYI. Modeling and Optimization of Octostrut Vibration Isolation Platform by FRF-Based Substructuring Method. *Journal of aerospace engineering*. New York, N.Y.: American Society of Civil Engineers, Aerospace Division, 2015, (vol 28, 3). ISSN 0893-1321.
- [11] YANG, G., B.F. SPENCER, J.D. CARLSON a M.K. SAIN. Large-scale MR fluid dampers: modeling and dynamic performance considerations. *Engineering Structures*. 2002, vol. 24(3): 309-323. DOI: 10.1018/S0141-0296(01)00097-9. ISSN 01410296.



Děkuji vám za pozornost

O. Macháček

**Ústav
konstruování**

Ústav konstruování

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně

Projekt disertační práce