

Modelování torzních kmitů vačkového hřídele s hydraulickým fázovým přestavovačem

Luboš Smolík¹, Miroslav Byrtus², Michal Hajžman³

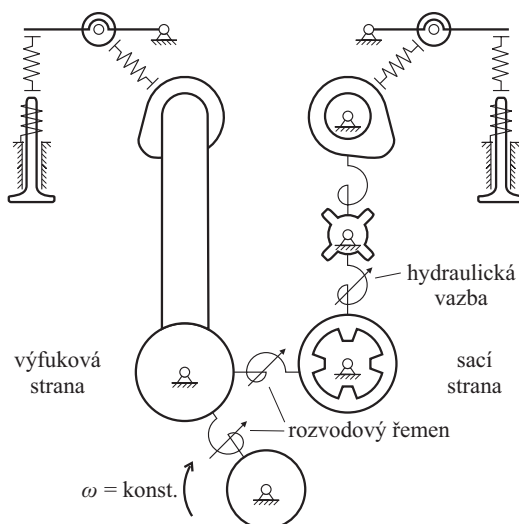
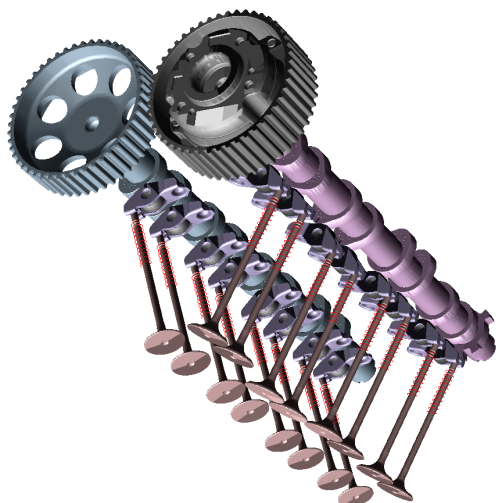
1 Úvod a motivace

Fázový přestavovač (FP) je jeden ze systémů, který zajišťuje *proměnné časování ventilů* spalovacích motorů. FP umožňuje pootočení vačkového hřídele (VH) vůči rozvodovému ozubenému kolu (ROK). Díky tomu je možné dosáhnout vyšší účinnosti motoru napříč provozními otáčkami (Hong, 2004). Natočení je obvykle realizováno pomocí hydraulického rotačního aktuátoru, který se nachází v ROK VH a je napájen motorovým olejem.

U vyšetřovaného systému, 16 ventilového benzínového motoru o zdvihovém objemu 1,6 l, se čtyřkomorový FP nachází pouze na sací straně (obr. 1). Na této straně byly při provozu na zkušebním standu naměřeny při volnoběhu zvýšené hladiny vibrací a hluku, který by posádka vnímala jako nepříjemný. Cílem výpočtů bylo zjistit příčinu tohoto jevu.

2 Stručný popis fyzikálního modelu

Analýzou působících sil bylo vyvozeno, že oba VH budou kmitat dominantně v torzním směru. Uvažovány byly pouze torzní kmity VH na sací straně, VH na výfukové straně a další tělesa byla modelována jako tuhá. Část kinematického schématu systému je patrná z obr. 1, kde



Obrázek 1: Vizualizace počítačového modelu v multi-body softwaru MSC.ADAMS.

Obrázek 2: Kinematické schéma systému, zobrazen je první pár vaček z celkových osmi.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Aplikovaná mechanika a vědecko-výzkumný pracovník, NTIS, ZČU v Plzni, e-mail: carlist@ntis.zcu.cz

² odborný asistent, Katedra mechaniky, ZČU v Plzni, e-mail: mbyrtus@kme.zcu.cz

³ odborný asistent, Katedra mechaniky, ZČU v Plzni, e-mail: mhajzman@kme.zcu.cz

pružiny s narážkami označují kontaktní vazby. Tuhost ventilových pružin a nelineární tuhost rozvodového řemenu byla získána experimentálně. Teoretický moment M přenášený FP je

$$M = 0,5 n l (R^2 - r^2) p, \quad (1)$$

kde n je počet komor, l , R a r jsou délka, vnější a vnitřní poloměr komory a p je tlak oleje v komorách FP. Vztah pro změnu p odvozuje Merritt (1991) ve tvaru

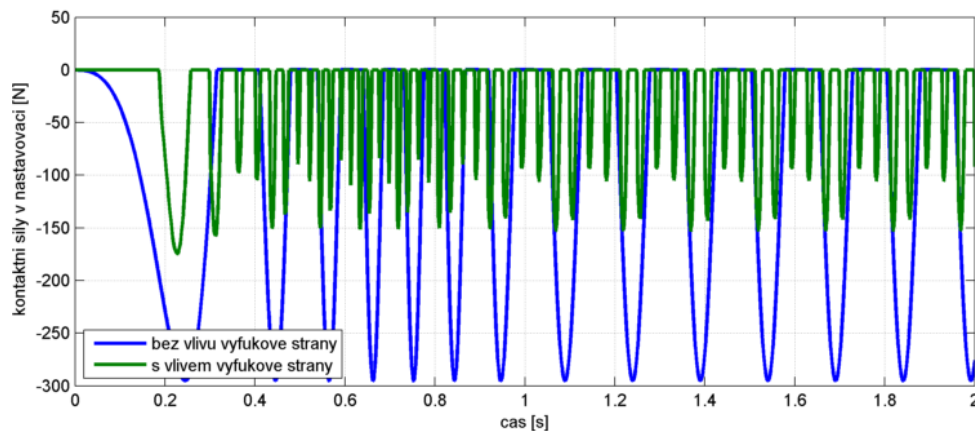
$$\frac{V}{B} \frac{dp}{dt} = -C_{em} p - D_a \omega_{rel} + q, \quad (2)$$

kde V je objem komor, B je objemový modul pružnosti oleje, C_{em} je součinitel úniku oleje, D_a je objemové posunutí, ω_{rel} je relativní úhlová rychlost ROK vůči VH a q je celkový průtok do komor FP, který závisí na rozměrech a otevření řídicího ventilu a viskozitě motorového oleje.

3 Výsledky a závěr

Torzní kmity VH byly analyzovány při rozběhu motoru, tedy z nulových otáček na volnoběžné otáčky klikového hřídele (KH), a pro KH na volnoběžných otáčkách. Při tom byly měněny parametry řídicího ventilu FP a tím pádem torzní tuhost oleje v komorách FP. Pro případy, kdy je torzní tuhost nízká, dochází v systému ke kontaktům mezi ROK a VH se čtyřnásobkem úhlové rychlosti VH. Při vyšší torzní tuhosti oleje v komorách FP dojde ke změně dynamického chování – odezva vykazuje pouze 2 rázy za otáčku VH.

Z analýzy lze usuzovat na nedostatečný tlak oleje v komorách FP při nízkých otáčkách. Olej v komorách VH je tak schopen přenést relativně malý moment a dochází ke kontaktům mezi ROK a VH, které lze v oblasti hluku vnímat jako kovové klepání.



Obrázek 3: Kontaktní síly v FP pro model bez zahrnutí výfukové strany a pro komplexní model.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-038.

Literatura

Hong, H. (2004). Review and analysis of variable valve timing strategies – eight ways to approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, roč. 218, č. 10, 1179–1200.

Merritt, H.E. (1991) *Hydraulic Control Systems*. New York, Wiley.