

Uporaba metod MTPA in MSM za analizo prenosa vibracij po manipulatorju za vrтанje sidrnih vrtin s 6 prostostnimi stopnjami

Youyu Liu^{1,3} – Liteng Ma^{1,3,*} – Siyang Yang^{1,3} – Liang Yuan² – Bo Chen^{1,3}

¹Državni laboratorij za senzoriko in pametno upravljanje visokotehnološke opreme, Ministrstvo za izobraževanje, Kitajska

²Wuhu Yongyu avtomobilska industrija, Tehnološki oddelek, Kitajska

³Politehnika Anhui, Šola za strojništvo, Kitajska

Strojno vrтанje sidrnih vrtin za podporne sisteme v premogovnikih odpravlja težko ročno delo, povzroča pa močne vibracije, ki se od stroja za sidranje po manipulatorju prenašajo na podstavke. Članek obravnava mehanizem prenosa vibracij po manipulatorju med vrтанjem sidrnih vrtin.

TPA je eno od orodij za preučevanje prenosa vibracij, kot so tudi OTPA, GTDT in ITPA. Obstajajo določene omejitve, npr. zaradi motečih dejavnikov, kot sta sklapljanje vzbujanj in šum, manevrirna sposobnost pa je slaba zaradi serijskega sistema z mnogimi podstrukturami.

Na podlagi večstopenjske analize prenosne poti (MTPA) in metode modalne superpozicije (MSM) je bil postavljen model prenosa vibracij za podsystem, sestavljen iz zgibov manipulatorja s šestimi prostostnimi stopnjami (DOF). Določena je bila matrika njegovega frekvenčnega odziva. Izpeljano je bilo vzbujanje stroja za sidranje v šestih prostostnih stopnjah. Vzbujalna sila stroja za sidranje, ki se po manipulatorju prenaša na podstavke, je bila analizirana z Jacobijevo matriko sil in na ta način so bile določene zunanje obremenitve podstavka. Primer iz inženirske prakse kaže, da si amplitude prostostnih stopenj podstavka sledijo v naslednjem vrstnem redu od večjih proti manjšim: upogibne vibracije (komponenta 1), vzdolžne vibracije, torzijske vibracije, upogibne vibracije (komponenta 2), rotacijske vibracije okrog osi z in rotacijske vibracije okrog osi y. Na podstavku se pojavljajo predvsem upogibne vibracije.

- (1) Na podlagi metod MTPA in MSM je bil postavljen matematični model prenosa vibracij po manipulatorju pri vrтанju sidrnih vrtin. Izpeljana je bila matrika frekvenčnega odziva podsystemov na vzbujanje v več prostostnih stopnjah. Na podlagi določitve zunanjih vzbujalnih obremenitev je mogoče izračunati funkcijo frekvenčnega odziva vsake prostostne stopnje v točki odziva po matematičnem modelu, ki je univerzalen za serijske sisteme.
- (2) Znotraj frekvenčnega območja vzbujanja stroja za sidranje (0 Hz do 200 Hz) se nahajajo frekvenčna območja z največjimi vrednostmi vibracij v šestih prostostnih stopnjah posameznih podsystemov [191,3, 197,4] Hz, [88,95, 91,55] Hz, [42,19, 91,77] Hz, [135,2, 137,8] Hz, [178,8, 187,4] Hz in [73,24, 95,54] Hz. Vibracijski odziv je največji v omenjenih frekvenčnih območjih, resonanci pa se je mogoče izogniti s spremembo vzbujalne frekvence stroja za sidranje.
- (3) Primer iz inženirske prakse kaže, da si amplitude prostostnih stopenj podstavka sledijo v naslednjem vrstnem redu od večjih proti manjšim: upogibne vibracije (komponenta 1) ($2,12 \times 10^{-2}$ m) pri 90 Hz, vzdolžne vibracije ($1,65 \times 10^{-2}$ m) pri 45 Hz, torzijske vibracije (9×10^{-3} m) pri 190 Hz, upogibne vibracije (komponenta 2) ($8,06 \times 10^{-3}$ m) pri 180 Hz, rotacijske vibracije okrog osi z ($2,46 \times 10^{-4}$ m) pri 180 Hz, rotacijske vibracije okrog osi y ($2,08 \times 10^{-4}$ m) pri 180 Hz. Na podstavku se pojavljajo predvsem upogibne vibracije.
- (4) Izkazalo se je, da resonanca nastopi med komponentama upogibnih vibracij pri frekvencah 90 Hz in 180 Hz, resonanca med komponentama rotacijskih vibracij okrog osi y in z pa je najbolj verjetna med frekvencama 180 Hz in 181 Hz.

Predlagana teorija prenosa vibracij po manipulatorju za vrтанje sidrnih vrtin s šestimi prostostnimi stopnjami bo lahko teoretična osnova za razvoj tehnik blaženja vibracij in konstruiranje blažilnikov.

Na podlagi metod MTPA in MSM je bil postavljen matematični model prenosa vibracij po manipulatorju za vrтанje sidrnih vrtin s šestimi prostostnimi stopnjami. Zunanja obremenitev v točki odziva na podstavku manipulatorja je bila analizirana z Jacobijevo matriko sil. Določena sta bila vibracijski odziv po vsaki prostostni stopnji podstavka in resonančna frekvenca. Študija primera iz inženirske prakse je pokazala, da je podstavek izpostavljen predvsem upogibnim vibracijam.

Ključne besede: manipulator, stroj za sidranje, večstopenjska analiza prenosne poti, metoda modalne superpozicije, prenos vibracij, Jacobijeva matrika sil