

Metoda z uglašnim sinusom za obratovalno modalno analizo majhnih in lahkih struktur

Domen Rovšček – Janko Slavič – Miha Boltežar*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenia

Kljub temu, da obstaja že mnogo eksperimentalnih metod za določanje modalnih parametrov (lastnih frekvenc, lastnih oblik in dušenja), se pri izvajanju teh metod pogosto pojavijo težave, ko se skuša analizirati razmeroma majhne in lahke strukture. Razlog se skriva v tem, da se pri takih strukturah z običajnimi merilnimi instrumenti (silomer, pospeškomer) na strukturo doda masa in s tem se spremenijo njene modalne karakteristike. Hkrati pa imajo take strukture pogosto zelo visoke lastne frekvence, zaradi česar je potrebna meritev v širokem frekvenčnem področju in je treba temu prilagoditi tudi izbiro senzorjev. V poimenovanju »majhne in lahke strukture« so torej zajete vse strukture, pri katerih se zaradi njihove majhne velikosti ali mase pojavijo težave pri določanju modalnih parametrov zaradi dodane mase senzorjev in visokih lastnih frekvenc.

Za odpravo omenjenih težav je bila v okviru te raziskave razvita inovativna brezkontaktna metoda za obratovalno modalno analizo (OMA) majhnih in lahkih struktur iz ene same meritve odziva z laserskim merilnikom hitrosti. Metoda deluje na osnovi akustičnega sinusnega vzbujanja, ki je uglašeno na posamezne lastne frekvence strukture. Masno normiranje je bilo izvedeno z metodo masne spremembe. Uporabljeni postopek se imenuje metoda z uglašnim sinusom. Ta metoda daje dobre rezultate na uporabljenem vzorcu, saj so bile lastne frekvence zelo natančno izmerjene in se ujemajo s tistimi, ki so bile izračunane z numeričnim modelom. Poleg tega so bile tudi lastne oblike natančno določene in pravilno normirane, kar je prav tako potrdila primerjava meritev z numeričnim modelom. Metoda z uglašnim sinusom torej daje zelo dobre rezultate pri preprostih majhnih in lahkih strukturah.

Slabost te metode je, da se lahko pojavijo težave pri močnejše dušenih strukturah, kjer lastne frekvence niso tako izrazite in se jih zato težje določi samo iz meritev odziva na vzbujanje z belim šumom. Težave se lahko pojavijo tudi pri strukturah, ki imajo nekatere lastne frekvence zelo blizu skupaj oz. medsebojno povezane. V tem primeru izmerjene ODS (obratovalne odklonske oblike, angl. *Operating Deflection Shapes*) ne predstavljajo le ene lastne oblike, ampak so kombinacija več lastnih oblik. Zato nekaterih lastnih oblik v tem primeru ni mogoče določiti.

Metoda z uglašnim sinusom ima tudi številne prednosti, predvsem pri majhnih in lahkih strukturah. Metoda je namreč brezkontaktna (stik je potreben le, če se normira lastne oblike z dodano maso), kar je zelo ugodno, saj masa senzorjev ne vpliva na meritev modalnih parametrov. Hkrati je tudi zelo enostavna za izvedbo, saj je potrebno le postaviti zvočnik v bližino merjene strukture in nameriti laser v merilne točke. Običajno se pri eksperimentalni modalni analizi (EMA) pojavi veliko težav, povezanih z dovajanjem vzbujevalne sile do strukture, pri tej metodi pa se jim izognemo. Ker je struktura vzbujana akustično, so boljše vzbujane tudi vse lastne oblike. Pri točkovnih vzbujevalnih silah je namreč vedno možnost, da vzbujanje poteka v vozlu lastne oblike in zato posamezne lastne oblike niso dovolj dobro izražene v rezultatih meritev.

Pri majhnih in lahkih strukturah se OMA izkaže za zelo perspektiven postopek, ki bi z nadaljnjim razvojem lahko poenostavil določanje modalnih parametrov. V prihodnosti bi torej bilo smiselno nadaljevati raziskave v smeri inovativnih metod s področja OMA, ki omogočajo določanje modalnih parametrov brez stika s strukturo, pri tem pa bi bilo potrebno poskrbeti tudi za pravilno masno normiranje lastnih oblik (za verifikacijo numeričnih modelov). Z metodo, ki je predstavljena v tem prispevku, je bila OMA prilagojena za merjenje modalnih parametrov majhnih in lahkih struktur. S tem je bil odpravljen glavni vir težav pri meritvah, saj ni več treba spremljati vzbujevalne sile kakor pri klasični EMA. Razvita metoda prispeva tudi k poenostavitvi modalne analize majhnih in lahkih struktur, saj so bile dosedanje metode precej težje izvedljive in zamudnejše.

Ključne besede: obratovalna modalna analiza, metoda z uglašnim sinusom, normiranje lastnih oblik, majhne in lahke strukture, enojen odziv, akustično vzbujanje