

Visokofrekvenčna umeritev piezoelektričnega senzorja pomikov z uporabo elastičnih valov vzbujenih s svetlobnim tlakom

Jernej Laloš* – Tomaž Požar – Janez Možina
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

V prispevku je predstavljena kalibracija piezoelektričnega senzorja majhnih pomikov z ultrazvočnimi valovi, ki jih vzbudi svetlobni tlak laserskega bliska na površini steklene plošče. S primerjavo meritev in matematičnega modela širjenja ultrazvoka v trdni snovi je določena frekvenčna karakteristika senzorja pri višjih frekvencah kot doslej.

Merjenje majhnih pomikov snovi je nepogrešljivo pri proučevanju širjenja mehanskega valovanja v snovi. Med vsemi senzorji so najbolj občutljivi tisti, ki delujejo z izkoriščanjem piezoelektričnega pojava, in so zato najbolj primerni za merjenje valovanj z majhno amplitudo pomika. Takšni senzorji so tako v uporabi v strojništvu, pri testiranjih ter v razvoju in raziskavah. Uporabljajo se pri meritvah akustične emisije in pri neporušnih preiskavah snovi, v mikroseizmologiji ter pri mnogih drugih aplikacijah ultrazvoka v snovi.

Cilj umeritve senzorja je določitev njegove prenosne funkcije. Z njo se lahko iz izhodnih signalov senzorja izlušči pomike merjenega mehanskega valovanja. Pri umeritvi se primerjata znan vzbuditveni signal in izmerjen odziv senzorja nanj. Vzbuditveni signal ima običajno obliko mehanskih površinskih valov, ki so bili za potrebe umeritve senzorja izmerjeni z že umerjenim senzorjem ali pa so bili izračunani teoretično na osnovi znanih matematičnih modelov. Mehansko valovanje je v takem primeru ponavadi vzbujeno z mehanskim sunkom sile, kot sta udarec kroglice ali zlom kapilare.

Doslej so bili površinski valovi večinoma izračunani v približku, v katerem sta stična površina senzorja in vpadna površina izvornega sunka sile obravnavani kot točki in ne kot končno veliki površini. Taka približka točkastega izvora in točkastega senzorja sta sicer uporabna pri nizkih frekvencah mehanskega valovanja, nista pa primerna pri višjih frekvencah.

V prispevku opisujemo absolutno kalibracijo koničastega piezoelektričnega senzorja. Tak senzor je zasnovan za absolutno merjenje majhnih izvenravninskih pomikov brez resonance, je hitro odziven in ima dokaj položno frekvenčno karakteristiko pri nižjih frekvencah. Čeprav je metoda primerjave spektrov izhodnega in vhodnega signala senzorja za določitev njegove frekvenčne prenosne funkcije standardna, jo je mogoče izboljšati z natančnejšim teoretičnim modelom merjenega površinskega valovanja. Tako je v prispevku uporabljena metoda modeliranja valov z uporabo Greenovih funkcij, ki upošteva realne dimenzije stične površine senzorja in vpadne površine izvornega sunka sile. Ta metoda realnega-izvora-realnega-senzorja temelji na statistični utežitvi numerično izračunanih Greenovih funkcij za izbrano snov ter za medsebojni legi izvorne sile in senzorja. Kot izvorni sunek sile je bil uporabljen svetlobni tlak laserskega bliska. Optodinamska interakcija takega bliska s snovjo je bistveno hitrejša, natančneje opredeljena in bolj ponovljiva kot katerakoli mehanska interakcija uporabljena doslej. Pri tem načinu vzbujanja je možno spreminjati tudi velikost vpadne površine laserskega bliska in njegovo trajanje.

Kot je prikazano v prispevku, omogoča taka metoda bolj zvesto modeliranje valovnih oblik, ki se širijo po snovi, kot doslej uporabljeni približki. Tako tudi omogoča določitev prave prenosne funkcije senzorja, pri čemer iz nje odstrani efekt aperture senzorja in efekt prostorske porazdelitve izvornega sunka sile. Hitre optodinamske interakcije kratkih laserskih bliskov pa omogočajo vzbujanje mehanskih valov in kalibracijo senzorja pri višjih frekvencah, kot jih omogočajo mehanske vzbuditvene interakcije.

Ključne besede: absolutna kalibracija senzorja, piezoelektrični senzor, laserski pulz, efekt aperture, elastični valovi v plošči, optodinamika, Greenove funkcije