

# Karakterizacija efektivnih vrednosti $d_{31}$ za PZT na osnovi nelinearnih nihanj dvostransko vpetih mikroresonatorjev

Andrew J. Dick

Univerza Rice, Oddelek za strojništvo in materiale, Združene države Amerike

V članku je predstavljena metoda za izračunavanje približnih vrednosti transverzalnega piezoelektričnega koeficienta PZT na osnovi nelinearnih nihanj mikroresonatorja. V primeru, da mikroresonatorji v podatkih spektralnega odgovora izkazujejo značilno nelinearno vedenje, kot je npr. utrjevanje, uporaba linearnih metod karakterizacije namreč ni možna.

Za karakterizacijo transverzalnega piezoelektričnega koeficienta materiala PZT na osnovi nelinearnega odgovora je bil izpeljan model nelinearnega mikroresonatorja in uporabljen za parametrično identifikacijo. Postopek parametrične identifikacije je uporabljen na podatkih frekvenčnega odgovora, zajetih iz mikroresonatorja pri vhodu, sestavljenem iz sinusnega signala z naraščajočo frekvenco in inkrementalno spreminjajoče se nosilne napetosti. Za identifikacijo odvisnosti med silami v materialu PZT zaradi uporabljene nosilne napetosti so bili na modelu preučeni premiki efektivne lastne frekvence, ugotovljeni s postopkom parametrične identifikacije.

Izračunana povprečna vrednost transverzalnega piezoelektričnega koeficienta za obravnavane naprave je bila  $-129,7$  pm/V, standardna deviacija pa je znašala manj kot 6 % te vrednosti. Dolžina naprav, uporabljenih v študiji, je bila 100, 200 in 400 mm. V nadaljnji analizi se je izkazalo, da je za vse naprave izračunana vrednost piezoelektričnega koeficienta  $-127,8$  pm/V, ko se modelirana dolžina vsake naprave razlikuje od imenske vrednosti za manj kot 2 %. Raven geometrijske variabilnosti se ujema z natančnostjo postopkov mikroizdelave.

Rezultati študije kažejo, da je metoda primerna za določanje efektivne vrednosti transverzalnega piezoelektričnega koeficienta materiala PZT, ki se uporablja kot izvršni člen pri mikroresonatorjih z dvostransko vpetim nosilcem, če je dinamično obnašanje značilno nelinearno. Izračunane vrednosti dajejo z uporabo blokovnega modela sile za popis piezoelektričnega materiala zgornjo mejo za izračunani koeficient. Študija je prav tako pokazala, da so natančni podatki o dolžini naprave pomembni, saj so izračunane vrednosti koeficientov občutljive na spremembe modelirane dolžine. Opisani postopek karakterizacije dodatno izboljšuje možnosti preučevanja piezoelektričnega vzbujanja na mikroravni ob prisotnosti značilnega nelinearnega vedenja, kakor tudi preučevanja vpliva različnih izdelovalnih postopkov na lastnosti piezoelektričnih materialov v teh napravah.

Delo predstavlja orodje za razširitev trenutnih metod linearne karakterizacije materiala s karakterizacijo transverzalnega piezoelektričnega koeficienta na osnovi nelinearnega odgovora. Z vse manjšimi izmerami naprav se povečuje tudi možnost značilnih nelinearnih vplivov. Tehnike nelinearne analize, kot je metoda, opisana v članku, so pomembne za razvoj novih manjših naprav.

**Ključne besede:** piezoelektrični material, resonator z mikronosilcem, nelinearna nihanja