

Dinamska karakterizacija varjenih lameliranih struktur

Primož Ogrinec – Gregor Čepon* – Miha Boltežar
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Za uspešno obvladovanje vibracij in hrupnosti električnih naprav je ključen razvoj veljavnih strukturnih modelov v povezavi z modeli vzbujevalnih mehanizmov. Jedra statorjev električnih naprav so, zaradi boljšega električnega izkoristka, običajno izdelana iz paketov tankih pločevin, ki so med seboj povezane z linijskimi vari. Zaradi spreminjajočega se magnetnega polja je jedro podvrženo elektromagnetnim silam in pojavu magnetostrikcije, kar se odraža v obliki neželenih vibracij in akustične emisije. Amplituda dinamskega odziva tovrstnih struktur je tako odvisna od velikosti vzbujevalnih mehanizmov ter od dinamskih lastnosti lamelirane strukture. Preko optimizacije strukturnih lastnosti se lahko izognemo obratovanju v območju lastnih frekvenc ter resonančnim pojavom. Za natančno in zanesljivo napovedovanje dinamskega odziva je tako potreben razvoj veljavnih dinamskih modelov s podrobno formulacijo kontakta med posameznimi lamelami. Lamelirane strukture imajo namreč bistveno manjšo togost kot ekvivalentne homogene strukture in izkazujejo ortotropno obnašanje skupaj z visokimi nivoji dušenja, ki so posledica tornih kontaktov med lamelami.

V sklopu tega dela je predstavljen numerični model varjene lamelirane strukture, kjer je strukturni model zasnovan na osnovi dvostopenjskega kontaktnega algoritma. Lamele so zamrežene z lupinskimi končnimi elementi, med katere so v normalni smeri napeti nosilčni elementi. V prvi fazi kontaktnega modela nosilčni elementi delujejo kot vzmeti, kar omogoča izračun kontaktnega tlaka med posameznimi lamelami. Tlak v normalni smeri je namreč posledica vara ter zaostalih napetosti po procesu varjenja. Le ta je predstavljen z modelom termo-elasto-plastične palice, na podlagi katerega je moč določiti skrček materiala kot posledico zaostalih napetosti v materialu. Na podlagi idenitificiranega normalnega tlaka se v drugi fazi kontaktnega modela določi materialne parametre nosilcev, s katerimi modeliramo silo trenja. Vpliv drsnega trenja med lamelami je predstavljen preko modificiranega strižnega modula nosilčnih elementov, ki ga določimo preko identificiranega kontaktnega tlaka.

Dinamski model varjene lamelirane strukture je bil validiran na osnovi izvedene dinamske analize treh statorskih paketov. Statorski paketi so se med seboj razlikovali tako z vidika geometrije kot tudi števila in razporeditve varov po obodu paketa. Izvedena primerjava lastnih frekvenc in lastnih oblik kaže dobro ujemanje med napovedjo numeričnega modela in meritvami. Glede na obstoječe raziskave razviti modela omogoča predvsem natančnejšo identifikacijo lastnih frekvenc in modalnih oblik, ki predstavljajo nihanje strukture v smeri zlaganja lamel.

Ključne besede: Lamelirana struktura, statorski paket, kontaktni model, modalna analiza

*Naslov avtorja za dopisovanje: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana, Slovenija, gregor.cepon@fs.uni-lj.si