

# Modeliranje vedenja magnetoreološkega elastomera ob trku z brezparametričnim polinomskim modelom, optimiziranim z gravitacijskim iskalnim algoritmom

Amrina Rasyada Zubir – Khisbullah Hudha\* – Zulkifli Abd. Kadir – Noor Hafizah Amer  
Malezijska obrambna univerza, Oddelek za strojništvo, Malezija

Uporaba magnetoreoloških elastomerov (MRE) v avtomobilski industriji je v porastu, saj ti materiali omogočajo spreminjanje togosti in blaženja v prisotnosti magnetnega polja. MRE so bili v tej študiji uporabljeni v blažilniku z dvosmernim delovanjem, ki deluje kot aktuator v sistemu aktivnega sprednjega odbijača za preprečevanje nezaželenega prenosa vibracij na vozilo in potnike. Zgolj uporaba MRE pa ne zadostuje za zaščito vozila in potnikov v primeru srednjih in močnih trkov, kjer pri hitrostih vožnje nad 15 km/h nastopijo kritične poškodbe.

Raziskovalci so se zato lotili modeliranja vedenja vozil ob trku na podlagi brezparametričnega polinomskega modela 4. reda. Model je zasnovan za različne tokove od 0 A do 2 A, z interpolacijo pa tudi za vmesne tokove v višini 0,3 A, 0,7 A, 1,3 A in 1,7 A. Uspešnost postavljenega modela je bila validirana po postopku verifikacije s primerjavo rezultatov modela v paketu Matlab-Simulink in eksperimentalnih rezultatov, pridobljenih v padnem udarnem preizkusu blažilnika MRE. Stopnja ujemanja obeh odgovorov je bila analizirana z napako napovedovanja sile, validacijo uspešnosti razvitega modela in napovedjo histereznih lastnosti MRE.

Razvit je bil brezparametrični polinomski model za analizo dinamičnega vedenja elementov MRE pod udarno obremenitvijo pri različnih tokovih v območju od 0 A do 2 A. Uporabljena je bila polinomska funkcija četrtega reda.

Brezparametrični polinomski model je bil postavljen ob upoštevanju odmika, hitrosti, energije udarca in toka za doseganje izhodne sile. Neznanke so velikost, trend sledenja in faktor povezave. Optimizirane vrednosti modelnih parametrov so potrebne za določitev idealne oblike histereznih zank podajnega elementa.

V ta namen je bila uporabljena metoda GSA za določitev optimalnih vrednosti v fazi iztegotovanja in stiskanja pri polinomskem modelu 4. reda. Cilj je optimizacija parametrov polinoma s primerjavo rezultatov simulacije in eksperimentov ter ustrezna prilagoditev indeksa zmogljivosti. Algoritem v fazi inicializacije ustvari naključno število in ga dodeli spremenljivki. Nato je vsaki entiteti v populaciji dodeljeno naključno število agentov  $N$ . Simulacija izračuna funkcijo prileganja za vsako entiteto in opravi proces izbire naključnih vrednosti. Nato se izračuna prileganje vsakega agenta v naslednji iteraciji in preverijo se omejitve. Rezultat po iteraciji tega procesa v več generacijah so optimizirani modelni parametri za vsak tokovni vhod.

Oblikovan je bil tudi interpolacijski model, ki pokriva vmesne vrednosti tokov 0,3 A, 0,7 A, 1,3 A in 1,7 A. Interpolacija je metoda iskanja prilaga krivulje, ki uporablja linearne polinome za ustvarjanje novih podatkovnih točk v danem območju.

Interpolacijski model MRE je bil postavljen v okolju Matlab-Simulink z vhodnimi tokovi 0,3 A, 0,7 A, 1,3 A in 1,7 A, kot prikazuje slika 3. Izhodne sile podsistemov za vsak tok so bile kombinirane v krivuljo sila-odmik za oblikovani interpolacijski model.

Odgovor tega modela se dobro ujema z eksperimentalnimi podatki, največja napaka napovedi je manjša od 13 %. Odgovor interpolacijskega modela se dobro ujema z eksperimentalnimi podatki, največja napaka pa je manjša od 15,94 %.

Karakterizacija MRE je bila testirana z udarno hitrostjo 2,24 m/s v padnem udarnem preizkusu s polovično vrednostjo dejanskih parametrov vozila zaradi omejitev zasnove.

Glavni prispevek študije je predlog brezparametričnega modela MRE, ki lahko identificira histerezne lastnosti MRE pri danem električnem toku. Predstavljena je tudi metoda interpolacije, ki ne pokriva le vhodnega toka 2 A, temveč tudi vmesne vrednosti 0,3 A, 0,7 A, 1,3 A in 1,7 A.

**Ključne besede:** magnetoreološki elastomer, MR blažilnik, polinomski model, gravitacijski iskalni algoritem, karakteristika sila-odmik, interpolacijski model