

Teoretična in numerična študija dodatnega viskoznega člena v modificiranem elastoplastičnem modelu trenja za simulacijo mokre torne sklopke

Tomaž Petrun^{1,*} – Jože Flašker² – Marko Keg²

¹ AVL-AST d.o.o., Slovenija

² Univerze v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Slovenija

Prispevek obravnava teoretično in numerično analizo možnosti vgradnje dodatnega viskoznega člena v modificiran elastoplastični model trenja. Model je bil razvit in validiran za uporabo v dinamičnem modelu suhe torne sklopke, z dodatnim viskoznim členom pa bi model trenja omogočal numerične simulacije tudi za mokre torne sklopke. Uporabljeni so bili različni enostavni viskozni modeli, pri čemer je bil analiziran njihov vpliv na količino prenesenega vrtilnega momenta s tornim kontaktom torne sklopke. Namen je namreč razviti model trenja za model torne sklopke za numerične analize dinamike sistemov teles s popolnoma funkcionalno suho ali mokro torno sklopko, ki bo namenjen vsakodnevnim inženirski uporabi. Zaradi omejitev modificiranega elastoplastičnega modela trenja, ki je enodimenzionalen, ter zahtev in omejitev, ki izhajajo iz programskega okolja za implementacijo AVL EXCITE, so bili uporabljeni zgolj enostavni viskozni modeli, pri katerih je viskoznost funkcija strižne napetosti. Viskozni modeli, kjer je viskoznost funkcija temperature, porazdelitve tlaka in podobno, zaradi omejitev modificiranega elastoplastičnega modela trenja niso bili uporabljeni.

Kot osnova za dano raziskavo je služil Carreaujev tekočinski model. Gre za enostaven 1D-tekočinski model, kjer je viskoznost funkcija zgolj strižne napetosti, hkrati pa je model sposoben opisati Newtonske, dilatantne in psevdoplastične tekočine, ki se po lastnostih bistveno razlikujejo. Poleg teoretičnih raziskav so bile izvedene tudi numerične analize vpliva dodatnega viskoznega člena na rezultate dinamike celotnega pogonskega sklopa vozila s popolnoma funkcionalno torno sklopko v smislu vpliva na količino prenesenega vrtilnega momenta s tornim kontaktom in vpliva na inducirane dinamične pojave zaradi trenja. Obravnavan je bil tudi vpliv dodatnega viskoznega člena na modificiran elastoplastični model trenja ter vpliv na reševanje sistema enačb in numerično stabilnost. Predstavljena je tudi merilna proga in potek eksperimentalnih meritev, ki so bile uporabljene za validacijo modificiranega elastoplastičnega modela trenja za uporabo v modelu suhe torne sklopke.

Rezultati numeričnih analiz uporabe modela trenja z dodatnim viskoznim členom so bili primerjani z rezultati validacijskega primera uporabe modificiranega elastoplastičnega modela trenja za suho torno sklopko. Primerjava rezultatov je pokazala, da izbira definicije viskoznosti tekočine v tornem kontaktu odločilno vpliva na količino prenesenega vrtilnega momenta s tornim kontaktom torne sklopke v fazi drsenja – sinhronizacije in razhoda, kar posledično znatno vpliva na potek in trajanje procesa sinhronizacije, kakor tudi na količino prenesenega vrtilnega momenta v razklopljenem stanju torne sklopke. Raziskava je hkrati pokazala tudi slabosti takšnega pristopa, kjer so uporabljeni enostavni viskozni modeli. Ugotovljeno je bilo, da so rezultati drastično odvisni od uporabljenih definicij viskoznosti že pri uporabi enostavnih viskoznih modelov, zato uporaba le-teh za podrobne analize dinamike celotnega pogonskega sklopa z mokro torno sklopko ni primerna. V ta namen bo treba uporabiti kompleksne modele viskoznosti, ki poleg strižne napetosti upoštevajo tudi temperaturo, porazdelitev tlaka v kontaktu in podobno.

Raziskava je pokazala tudi, da modificiran elastoplastični model omogoča enostavno dodajanje različnih členov, ki kakor koli prispevajo k rezultirajoči sili trenja v tornem kontaktu, ne da bi s tem vplivali na osnovno strukturo samega elastoplastičnega modela. Z dodajanjem členov se spremenijo zgolj prispevki posameznega člena v danih pogojih. Razen viskoznosti je predstavljena tudi teoretična osnova za izračun količine generirane toplote zaradi trenja v tornem kontaktu in njenega vpliva na temperaturo tornega kontakta in okoliških teles, ter posledično vpliva na tribološke lastnosti kontakta. Podane so teoretične osnove in vodilne enačbe za termične preračune, kakor tudi omejitve ciljnega programskega paketa za implementacijo, ki trenutno ne omogočajo izračuna temperature kontakta in njenega vpliva na tribološke lastnosti. Podane so smernice za nadaljnje raziskovalno delo na tem področju.

Ključne besede: dodaten viskozni člen, modificiran elastoplastični model trenja, torna sklopka, dinamika sistema teles, Carreaujev fluidni model, enostavni viskozni modeli