

Dinamični model za analizo napetostnega in deformacijskega stanja gonila z valjastimi zobniki

Vera Nikolić^{1,*} – Ćemal Dolićanin¹ – Dejan Dimitrijević²

¹Državna univerza v Novem Pazarju, Srbija

²Siemens, Nemčija

Praktična uporabnost zobniških gonil v sodobnih tehničnih sistemih je izjemna. Dinamične lastnosti zobniških gonil so zato večna tema znanstvenih raziskav. Med ubiranjem zob se pojavljajo notranje dinamične sile zaradi elastičnih deformacij zob in napak pri izdelavi (na primer zaradi toleranc oblike profila zob in razdelka na razdelnem krogu). Deformacije zob lahko povzročijo udarce zob med ubiranjem, intenzivnost udarcev med zobmi pa je odvisna od odstopanj velikosti razdelka. Večja kot je razlika med razdelki, bolj intenzivni so udarci med zobmi pri ubiranju. Na notranje dinamične sile med zobmi lahko vplivajo tudi vibracije zobnikov. Zobnike v ubiranju je mogoče modelirati kot nihajni sistem. Tak model je sestavljen iz koncentriranih mas (od katerih vsaka predstavlja en zobnik), povezanih z elastičnimi in dušilnimi elementi. Z uporabo osnovnih principov analitične mehanike ter začetnih in mejnih pogojev je mogoče sestaviti sistem enačb, ki predstavljajo fizikalni proces ubiranja med dvema ali več zobniki. Elastični element je za boljše rezultate mogoče modelirati kot nelinearno vzmet.

Naša raziskava je bila osredotočena na nov model dinamike zobniških gonil z diferencialnim računom racionalnega reda. Za ta model pridobimo analitične izraze za ustrezne zvrsti racionalnega reda kot enofrekvenčne lastne vibracijske zvrsti. Posplošitev tega modela na podoben model večstopenjskega zobniškega prenosa je zelo enostavna.

Model v tem članku predstavlja tipičen model gonila s tremi gredmi. Ubiranje se opazuje začenši s prvim parom in za vse zobniške pare sočasno, brez dodatnih predpostavk glede geometrije zobnikov ali mejnih in obremenitvenih pogojev ubiranja. Mejni pogoji na stiku zobnikov in gredi so enaki nič. Rezultat prvega koraka nelinearne kvazistatične analize so sile notranje dinamike, ki so nato uporabljene kot vhodni podatki za nadaljnje korake analize. Opisani postopek je možno prilagoditi za namene preračuna zobniških sistemov različnih vrst z enostavno združitvijo različnih korakov opisane analize ter različnih konfiguracij zobnikov in gredi. Prioriteta omenjenih korakov je seveda odvisna od namena konkretne analize.

Realen inženirski sistem se pri reševanju dinamičnih problemov nadomesti s poenostavljenim dinamičnim modelom. Model je sestavljen iz zvezno ali diskretno porazdeljenih mas, ki so povezane z elastičnimi in dušenimi povezavami. Sistem enačb, ki popisujejo dinamiko procesa, se postavi z uporabo osnovnih principov mehanike ter ob upoštevanju začetnih in robnih pogojev. Sistem enačb predstavlja matematični model dinamičnega obnašanja stroja ali sistema.

Cilj te študije je razvoj novega modela na osnovi napetostnih in deformacijskih invariant. Iz rezultatov je mogoče sklepati, da v območju stika nastopi sprememba smeri glavnih napetosti, zaradi kontaktnih napetosti pa se pojavljajo ekstremne spremembe vrednosti glavnih napetosti, oz. napetostnih invariant.

Članek je prispevek k razvoju metode končnih elementov. Pristop omogoča analizo obremenitev ter napetostnega in deformacijskega stanja v ubirajočem zobniku na povsem nov način, rezultati pa prinašajo vpogled v porazdelitev obremenitev, napetosti in deformacij na liniji stika pod vplivom vsakovrstnih spremenljivk in dinamičnih obremenitev, najsi gre za eksperimentalne podatke ali analitične izraze.

Za utemeljitev predpostavk in uporabe teh metod simulacije in izračunov je bila opravljena primerjava rezultatov z rezultati drugih avtorjev. Ugotovljeno je bilo, da so rezultati tega dela uporabni v znanosti in v praksi.

©2011 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

Ključne besede: dinamična analiza, metoda končnih elementov, zobniški sistemi, analiza napetostnega in deformacijskega stanja zobniških prenosov, tenzorske invariante