

# Modifikacija bokov zob za zmanjšanje hrupnosti zobniških diferencialov

Yu Zhang<sup>1,2,\*</sup> – Hai Zhou<sup>1,2</sup> – Chengyu Duan<sup>1,2</sup> – Zhiyong Wang<sup>1,2</sup> – Hong Luo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Gozdarska in tehniška univerza srednjega juga, Inštitut za sodobne tehnologije mehanskih prenosov, Kitajska  
<sup>2</sup> Gozdarska in tehniška univerza srednjega juga, Tehniško raziskovalno središče za gozdarsko opremo province Hunan, Kitajska

Hrup zobniških prenosnikov med visokohitrobnim delovanjem je glavni vir hrupnosti električnih vozil (EV). Obstoječe metode za modifikacijo bokov zob uporabljajo enake parametre za modifikacijo vseh površin. Učinkovitost klasičnih metod je dosegla meje možnega, rezultati pa zlasti pri visokohitrobnih zobniških dvojicah niso vedno zadovoljivi.

Na podlagi Cattaneijeve zamisli o variabilnem razmiku med ventilatorskimi lopaticami je oblikovan predlog spremenljive modifikacije zob, kjer se parametri modifikacije zob na zobnikih spreminjajo po določenem zakonu, npr. po sinusni krivulji. Z uravnavanjem fluktuacij med vrtenjem je mogoče doseči želeno zmanjšanje vibracij in hrupa zobniških dvojic.

Omejitve obstoječih metod za modifikacijo zob so naslovljene z metodo spremenljive modifikacije, pri kateri se stopnja modifikacije med sosednjimi zobmi spreminja po sinusni funkciji. Najprej je bil postavljen matematični model variabilnega zobnega profila po sinusni funkciji. Predstavljena je zasnova štirih zobniških dvojic z enakimi geometrijskimi parametri: prva dvojica je brez modifikacij zobnega profila, druga in tretja dvojica sta modificirani po običajnem postopku z enako stopnjo modifikacije na bokih zob pastorka in velikega zobnika, pri četrti dvojici pa je bila uporabljena spremenljiva modifikacija. Nato je bila s programskim paketom Adams opravljena simulacijska analiza dinamičnih lastnosti kot so kotni pospešek centroida, sila pri ubiranju in napaka prenosa zobniških dvojic.

V nadaljevanju je predstavljena primerjava dinamične zmogljivosti prenosa štirih zobniških dvojic. Hrupnost analiziranih zobniških dvojic je bila analizirana s programsko opremo Simcenter 3D. Dinamična zmogljivost ubiranja je okarakterizirana z napako prenosa, kotnim pospeškom centroida in silo ubiranja. Opravljena je bila primerjalna analiza štirih zobniških dvojic.

Rezultati so pokazali, da spremenljiva modifikacija izboljša dinamično zmogljivost ubiranja. Spremenljiva modifikacija v primerjavi z običajno modifikacijo zmanjša raven zvočne moči pri amplitudi osnovne frekvence ubiranja za največ 2,47 %. Vsota amplitud prvih štirih redov napake prenosa se zmanjša do 25,74 %, amplituda kotnega pospeška pri frekvenci ubiranja se zmanjša do 10,75 %, amplituda sile ubiranja pri frekvenci ubiranja pa se zmanjša do 10,37 %.

S tem je dokazano, da lahko metoda spremenljive modifikacije izboljša dinamične lastnosti zobniških prenosnikov ter ponuja nov pristop k zmanjševanju vibracij in hrupnosti zobnikov. Vsak zob je modificiran z drugačno stopnjo, stopnja modifikacije sosednjih zob pa se spreminja po sinusni funkciji.

Metoda izboljša dinamično zmogljivost prenosa zobniških dvojic z uvedbo dodatnih stranskih spektralnih pasov in tako zmanjša amplitudo dominantnih harmonikov pri ubiranju zobnikov.

**Ključne besede: modifikacija zob, nizka hrupnost, kotni pospešek, sila ubiranja, napaka prenosa, zvočna moč**