

Obremenitvena analiza cikloidnega reduktorja RV na osnovi načela minimalne energije

Tianxing Li^{1,2,*} – Hang Xu³ – Meng Tian²

¹ Znanstveno-tehniška univerza v Henanu, Šola za mehatroniko, Kitajska

² Sodelovalno inovacijsko središče province Henan za napredno proizvodnjo strojne opreme, Kitajska

³ Tehniška univerza v Zhongyuanu, Šola za mehatroniko, Kitajska

Ena glavnih komponent robotov je reduktor RV (rotacijski vektor), ki predstavlja približno 38 % celotnih stroškov. Učinek izenačevanja napak, ki ga zagotavlja sočasno ubiranje več zob, omogoča izboljšanje natančnosti prenosa tega reduktorja za visoko togost in nosilnost. Teoretični reduktorji RV s cikloidnimi čepi pa zaradi kompleksne porazdelitve obremenitev in kontaktnih razmer ter zaradi pomanjkanja učinkovitih analitičnih metod izkazujejo razmeroma slabo zmogljivost pod obremenitvijo v praktičnih aplikacijah. Znani nerazrešeni problemi prenosnikov RV vključujejo nizko natančnost prenosa, nezadostno nosilnost in le kratkotrajno ohranitev natančnosti.

V članku je podana učinkovita analitična metoda na osnovi načela minimalne energije, ki omogoča določanje realnih obremenitvenih lastnosti prenosnikov RV. V kontaktno analizo prenosnika s cikloidnimi čepi pod obremenitvijo so bili integrirani teorija Hertzovega kontakta, načelo minimalne energije in metoda končnih elementov, določena je bila nelinearna povezava med obremenitvijo pri ubiranju in deformacijo in ugotovljena je bila dejanska obremenitvena karakteristika. Možno število zob v ubiranju je bilo hitro ocenjeno na podlagi porazdelitve minimalnega razstopa in maksimalne deformacije cikloidnega čepa. V obremenitveni analizi je bilo z inovativno uvedbo načela minimalne energije natančno določeno dejansko število zob, ki ubirajo sočasno. To število neposredno vpliva na natančnost obremenitvene analize in na dejansko kakovost ubiranja. Primerjava in validacija teoretičnega modela, simulacija po metodi končnih elementov in eksperimenti so pokazali praktično enako razliko v kontaktnem tlaku, številu zob v ubiranju, obliki kontakta in napaki prenosa. S tem je bila dokazana pravilnost in uporabnost teoretične analitične metode ter uspešnost uporabe načela minimalne energije. Študija je obrodila tudi druge uporabne rezultate. Radij ukrivljenosti cikloidnega zobnika ima očitnejši vpliv na kontaktni tlak in majhen vpliv na deformacijo v obremenjenem stanju. Pravilo spreminjanja oblike obremenitvenega kontakta je praktično enako kot pri sili ubiranja in kontaktnem tlaku: večja kot sta kontaktna sila in kontaktni tlak, večja je kontaktna površina. Kontaktna deformacija, torzijska deformacija in razstop so pomembni povzročitelji napak pri prenosu pod obremenitvijo, kar je tudi glavna razlika v analizi lastnosti ubiranja cikloidnega prenosnika v neobremenjenem in obremenjenem stanju.

Študija je tako razrešila problem neujemanja dejanske učinkovitosti ubiranja obremenjenega reduktorja RV z rezultati teoretičnih analiz. Zato predstavlja tudi pomembno izhodišče za izboljšave in spremljanje kinematične točnosti reduktorjev RV za robote. Obravnava predlagane metode pa še ni končana, saj bodo potrebne podrobnejše analize lastnosti prenosa reduktorja RV v teoretičnem modelu, vpliva obremenitvenega navora na napake v prenosu, in analiza števila zob v ubiranju. Potrebne bodo tudi eksperimentalne raziskave v realnih delovnih pogojih.

Ključne besede: cikloidni prenosnik, obremenitvena karakteristika, princip minimalne energije, reduktor RV (rotacijski vektor), napake v prenosu, oblika kontakta, število zob v ubiranju