

Diagnosticiranje napak za triosne vrtalne in rezkalne stroje na osnovi adaptivne stohastične resonance

Bing Li^{1,*} – Jimeng Li¹ – Jiyong Tan² – Zhengjia He¹

¹ Državni laboratorij za inženiring proizvodnih sistemov, Univerza Xi'an Jiaotong, Kitajska

² 29. institut pri China Electronics Technology Group Corporation, Kitajska

Triosni vrtalni in rezkalni stroji so ključni del opreme v sodobni proizvodni industriji. Napake komponent, ki se pojavljajo med obratovanjem, zmanjšujejo natančnost obdelave. Zaradi vplivov prenosne poti, prenosnega medija in okolja pa je le težko zaznati značilne napake, ki so skrite v močnem šumu. Obstajajo številne konvencionalne metode za obdelavo šibkih signalov, vendar pa večina teh metod uporablja filtriranje ali prikrivanje šuma. Čeprav se šum na ta način zmanjša, pa lahko uporabni signal postane šibkejši ali pa je celo uničen. Stohastična resonanca (SR) šuma ne odpravlja, ampak omogoča zaznavanje signala z izkoriščanjem šuma za ojačenje šibkih signalov v nelinearnih dinamičnih sistemih.

V članku je predstavljena tehnika obdelave signalov s stohastično resonanco za iskanje značilnih napak, ki zmanjšujejo natančnost obdelave z vrtalnimi in rezkalnimi stroji. Tehnika daje časovno-frekvenčno porazdelitev vibracij s prilagodljivo natančnostjo. Čeprav daje stohastična resonanca boljše rezultate zaznave, je inženirska uporaba SR še vedno v veliki meri omejena z izbiro pravega merilnega indeksa in optimalnih parametrov sistema.

Za optimalno izbiro parametrov sistema je uveden uteženi indeks sploščenosti. Indeks sploščenosti kot brezdimenzijski indeks se pogosto uporablja za kvantitativno merjenje vplivnih komponent signala vibracij s pomočjo značilne občutljivosti vplivne komponente. Če se za vrednotenje resonančnega učinka SR za zaznavanje vplivnega signala uporablja iskanje maksimuma indeksa sploščenosti, pa ni mogoče zaznati nekaterih vplivnih komponent z majhnimi amplitudami. Koeficient korelacije lahko odraža podobnost dveh različnih signalov in je neodvisen od amplitude signalov. Podobnost dveh različnih signalov je zato mogoče kvantitativno okarakterizirati z absolutno vrednostjo korelacijskega koeficienta. Uteženi indeks sploščenosti (WK), ki združuje prednosti indeksa sploščenosti in korelacijskega koeficienta, ne prevzema le občutljivosti indeksa sploščenosti za vplivne komponente, temveč daje tudi kar največjo podobnost rezultata zaznave in originalnega signala ter zajame tudi manj vplivne komponente z majhnimi amplitudami. Uteženi indeks sploščenosti omogoča adaptivno iskanje optimalnih parametrov sistema. Metode SR omogočajo ojačenje šibkih signalov do določene mere, a če je razmerje med signalom in šumom premajhno, učinek zaznavanja enojne SR še vedno ni zadovoljiv. Kaskadna SR je izboljšana metoda SR, pri kateri dva zaporedna bistabilna sistema še dodatno oslabita visokofrekvenčno trepetanje in zgladita izhodno valovno obliko v časovni domeni za večje razmerje med signalom in šumom kot pri enojni SR. Kaskadna SR se uporablja za obdelavo signala vibracij, pridobljenega iz vrtalnega in rezkalnega stroja za še dodatno izboljšanje učinka zaznavanja SR.

Na osnovi uteženega indeksa sploščenosti in kaskadne SR je podan algoritem adaptivne stohastične resonance (AdSR). Metoda adaptivne stohastične resonance se uspešno uporablja za iskanje značilnih napak, ki zmanjšujejo natančnost obdelave z vrtalnimi in rezkalnimi stroji. Rezultati zaznave kažejo, da je AdSR boljše orodje za iskanje značilnih napak od Fourierjeve analize, saj zmanjšuje vpliv visokofrekvenčnega šuma zaradi vibracij pri obdelavi.

Predlagana metoda ne omogoča le adaptivne izbire optimalnih parametrov sistema z uteženim indeksom sploščenosti, temveč tudi gladi izhodno valovno obliko signala, perioda fluktuacij pa postane s sekundarno uporabo šuma očitnejša.

Zaključek obravnava, da je obraba polžastega zobnika vrtljive mize glavni razlog za poslabšanje natančnosti pri triosnih vrtalnih in rezkalnih strojih. Prihodnje raziskave bodo usmerjene v možnosti sprotnega diagnosticiranja napak med obratovanjem vrtalnih in rezkalnih strojev z metodo AdSR. Čeprav je uteženi indeks sploščenosti primernejši za vrednotenje učinka zaznave vplivnega signala, ga je treba dodatno preučiti in izboljšati, saj je izbor eksponenta v uteženem indeksu sploščenosti še vedno odvisen od izkušenj raziskovalcev.

Ključne besede: stohastična resonanca, adaptivna, kaskada, uteženi indeks sploščenosti, diagnostika napak, vrtalni in rezkalni stroj