

Nova metoda za diagnostiko napak strojev na osnovi optimalnega večskalnega morfološkega filtra

Wei Tan^{1,2,*} – Xiaoan Chen¹ – Shaojiang Dong¹

¹ Univerza v Chongqingu, Državni laboratorij za mehanske prenose, Kitajska

² Laboratorij za napredne proizvodne tehnologije za avtomobilske dele, Univerza za tehnologijo v Chongqing, Kitajska

Kotalni ležaji so zelo razširjen element rotacijskih strojev. Nenadna odpoved ležajev lahko povzroči nenačrtovane zastoje in izgubo, iz česar izhaja velik pomen diagnostike napak ležajev. Za diagnosticiranje napak ležajev se najpogosteje uporabljajo vibracijski preskusi. Signal napake kotalnega ležaja pa je kompleksen signal in njegovim uporabnim delom se pogosto pridružuje tudi močan šum ozadja, ki preprečuje odkrivanje napak ležaja. Zato je zaželena učinkovita metoda za obdelavo signala, ki razkriva več informacij o napaki.

Analiza vibracijskega signala temelji na strukturnih parametrih ležaja, delovnih pogojih in lastni frekvenci komponent ležaja. Fourierjeva transformacija, valčna transformacija in časovno-frekvenčna analiza razkrijejo lastne frekvence komponent karakteristike frekvenčne modulacije napake. Pri posebnih signalih odpovedi ležajev pa se lahko značilne lastnosti skrivajo na več skalah. Fourierjeva transformacija ne more v celoti popisati časovno spremenljivih lastnosti nestacionarnih signalov, valčna transformacija pa ima učinek aliasa v pasovih, učinek uhajanja itd. Rezultati zato zlasti pri diagnostiki odpovedi notranjega obroča in kotalnega ležaja niso zadovoljivi. Za izluščanje teh značilnosti je potrebna večskalna morfološka analiza.

Večskalna morfološka analiza omogoča razkrivanje morfoloških značilnosti na različnih skalah in ni odvisna od predhodnega znanja pri izbiri strukturnih elementov. Večskalni morfološki filter je zato primernejši za odstranitev šuma. Predlagana je nova metoda na osnovi optimalnega večskalnega morfološkega filtra za učinkovito odpravo šuma in izločitev impulznih komponent v vibracijskih signalih. Pri tej metodi se najprej uporabi povprečje zapiralnega in odpiralnega operatorja za izgradnjo morfološkega filtra. Elementi strukture večskalnih morfoloških filtrov so optimizirani in izbrani z optimizacijskim algoritmom z rojem delcev. Šum v izvornem signalu je filtriran z večskalnim morfološkim filtrom. Predlagana metoda je bila ovrednotena s simuliranimi signali in s signali odpovedi ležajev. Rezultati kažejo, da lahko metoda učinkovito filtrira šum in izloči impulzne značilnosti vibracijskih signalov, s čimer je ponazorjena učinkovitost predlagane metode.

Predlagana metoda ima dve izboljšavi v primerjavi s tradicionalnim morfološkim filtrom. Morfološka operacija je bila določena s povprečno kombinacijo večskalne odpiralno-zapiralne in zapiralno-odpiralne operacije, zato se lahko ne le izluščijo impulzi, ampak se tudi zgladi šum. Nato so bili izbrani strukturni elementi in optimizirani po algoritmu optimizacije z rojem delcem, ki ima podobne lastnosti kot signal objekta. Opredeljeni so tudi koraki postopka za ponazoritev uporabe predlaganega pristopa. Rezultati validacije kažejo, da je predlagani pristop učinkovitejši in robustnejši od tradicionalne enoskalne morfološke analize pri razkivanju impulznih značilnosti.

Ker je strukturni element optimiziran po metodi PSO z ozirom na signal, optimizirani večskalni morfološki filter tudi izboljšuje natančnost diagnostike mehanskih napak.

Pri uporabi optimalnega večskalnega morfološkega filtra se s povečevanjem redundance poveča tudi zahtevnost izračunov. To je ena glavnih pomanjkljivosti predlagane transformacije, ki bi jo bilo treba v prihodnje še dodatno raziskati.

Analiza oblike signala napake na osnovi optimalnega večskalnega morfološkega filtra in opis različnih morfoloških značilnosti signala napake omogočata identifikacijo napak. Večskalna morfološka analiza je preprosta operacija, primerna za računalniško strojno opremo. Rezultati normaliziranih izračunov so lahko enostavni in jasno razločujejo razne značilnosti napak za ugotavljanje stanj in diagnostiko napak. Večskalna morfološka analiza je torej nov pristop k identifikaciji in klasifikaciji napak rotacijskih strojev.

Ključne besede: večskalni morfološki filter, strukturni element, optimizacijski algoritem z rojem delcev, zmanjšanje šuma, razkrivanje značilnosti, diagnostika napak kotalnih ležajev

*Naslov avtorja za dopisovanje: Laboratorij za napredne proizvodne tehnologije za avtomobilske dele, Univerza za tehnologijo v Chongqingu, No. 174 Shazheng street, Chongqing, Kitajska, tanww@163.com