

Napovedovanje količnika trenja pri hidrodinamičnem radialnem drsnem ležaju z uporabo umetnih nevronske mreže

Dragan Milčić^{1,*} – Amir Al Sammarraie² – Miloš Madić¹ – Vladislav Krstić³ – Miodrag Milčić¹

¹ Fakulteta za strojništvo, Univerza v Nišu, Srbija

² Univerza v Tikritu, Tehniška fakulteta, Irak

³ Ljubex International, Srbija

Hidrodinamični ležaji nosijo vrtečo se gred in vse pripadajoče obremenitve s pomočjo tlačnega polja v mazivu, ki fizično ločuje trdne površine. Radialni drsni ležaji, izdelani iz zlitine kositer-babbitt (Tegotenax V840), se pogosto uporabljajo v pogojih hidrodinamičnega mazanja pri kompresorjih, turbinah, črpalkah, elektromotorjih, električnih generatorjih, mlinih za rudo itd. Drсно trenje na kontaktnih površinah med tečajem in pušo je kompleksen disipativen proces, ki ga spremlja vrsta mehanskih, fizikalno-kemičnih, električnih, metalurških in toplotnih pojavov, za katere je značilno obrabljanje udeleženih teles.

Na količnik trenja pomembno vplivajo normalne obremenitve, geometrija, relativno gibanje površin, drsna hitrost, površinska hrapavost tornih površin, vrsta materiala, togost sistema, temperatura, pojav stik-slip, relativna vlažnost, mazanje in vibracije. Članek preučuje vplive frekvence vrtenja tečaja v puši in radialne obremenitve radialnega drsnega ležaja, izdelanega iz zlitine kositer-babbitt (Tegotenax V840) v pogojih hidrodinamičnega mazanja. Na preizkuševališču za rotacijske elemente (radialne in drsne ležaje) je bil opravljen eksperimentalni preskus tornih lastnosti radialnega drsnega ležaja.

Za določitev matematične odvisnosti med eksperimentalnimi parametri preskusa radialnega drsnega ležaja v pogojih hidrodinamičnega trenja sta bila razvita dva modela z umetnimi nevronske mrežami (ANN). Prvi model je namenjen napovedovanju količnika trenja, drugi pa temperaturi ležaja. Za učenje in testiranje mreže so bili uporabljeni rezultati meritev količnika trenja μ in temperature ležaja T , ki so trajale 18.000 sekund, in sicer v funkciji sprememb radialne obremenitve FN in vrtilne hitrosti n .

Množica razpoložljivih vhodnih/izhodnih podatkov je bila pri razvoju modela ANN naključno razdeljena v dve množici: prvo za učenje in drugo za testiranje modela ANN. 295 podatkov je bilo uporabljenih za učenje ANN, 43 pa za testiranje naučenega modela mreže ANN.

Za učenje ANN je bil izbran algoritem Levenberg-Marquardt, ki se odlikuje z visoko točnostjo in hitro konvergenco. Proces učenja ANN je bil ponovljen večkrat za razrešitev problema (počasne) konvergence z različnimi začetnimi utežmi, določenimi po metodi Nguyen-Widrow. Med procesom učenja ANN je bilo ugotovljeno, da kljub izbrani vrednosti največjega števila iteracij 1000 zadostuje že bistveno manjše število iteracij.

Z uporabo nevronske mreže z vzvratnim postopkom učenja na osnovi eksperimentalnih podatkov so bili razviti modeli ANN za napovedovanje odvisnosti količnika trenja in temperature ležajev od radialne obremenitve in vrtilne hitrosti. Na podlagi eksperimentalno določenih vrednosti količnika trenja, s katerimi je bilo opravljeno učenje ANN, so bile pridobljene dobro naučene mreže s srednjo absolutno odstopno napako 0,0054 % pri učenju in 0,0085 % pri testiranju. Po optimizaciji modela ANN je bil ugotovljen najvišji količnik trenja 0,1513 pri obremenitvi ležaja 1072 N in vrtilni hitrosti 3000 vrt/min, medtem ko je bil najnižji količnik trenja 0,00288 ugotovljen pri maksimalni obremenitvi 4000 N in vrtilni hitrosti 1675,22 vrt/min.

Model za napovedovanje temperature ležajev nakazuje naraščajoči trend spremembe s podaljševanjem časa drsnega trenja in vrtilne hitrosti. Temperatura ležaja T se povečuje s časom t in se po nekaj manj kot 1 uri (približno 4000 s) stabilizira pri približno 50 °C pri vseh vrednostih obremenitve in vrtilne hitrosti ležaja.

Ključne besede: umetna nevronska mreža, hidrodinamični radialni drsni ležaj, zlitina babbitt-kositer, količnik trenja