

Preiskava izgub zaradi upora in vrtnčenja olja pri koničnih kotalnih ležajih

Jürgen Liebrecht^{1,*} – Xiaojiang Si² – Bernd Sauer¹ – Hubert Schwarze²

¹ Univerza v Kaiserslauternu, Institut za strojne elemente, zobnike in transmisije, Nemčija

² Univerza v Clausthal-Zellerfeldu, Institut za tribologijo in stroje za energetske pretvorbe, Nemčija

Kotalni ležaji so pomembni strojni elementi, ki se uporabljajo v najrazličnejših tehničnih sistemih. Njihova prednost v primerjavi z drsnimi ležaji je v manjšem tornem momentu. To je parameter, ki se uporablja za kvantifikacijo izgub pri kotalnih ležajih. Del izgub povzročajo kontaktne sile med kotalnimi elementi in tekalno površino, kletko in obročem. Drugi del so izgube zaradi upora in vrtnčenja, ki jih povzročata izpodrivanje maziva. Ta del je odvisen od delovnih pogojev in lahko močno vpliva na celoten torni moment, zato ga je treba upoštevati pri izračunu izgub kotalnih ležajev.

Ena od možnosti za zmanjšanje izgub upora in vrtnčenja je z zmanjšanjem oljne kopeli. Pri konstrukcijah in aplikacijah, kjer se z oljem znižuje delovna temperatura, je potrebna večja količina olja. Posledično se povečajo izgube zaradi upora in vrtnčenja, ki jih lahko določamo le približno z enačbami nekaterih proizvajalcev ležajev. Eksperimentalni rezultati kažejo, da natančnejši izračuni terjajo tudi upoštevanje nekaterih drugih vplivov.

Članek predstavlja eksperimentalno študijo in simulacijo za določitev izgub upora in vrtnčenja pri koničnih kotalnih ležajih. Eksperimentalne študije so bile osredotočene na vplive viskoznosti, geometrije kletke, vrste ležaja, vrtilne hitrosti, vsebnosti zraka v mazivu in še posebej na različne nivoje olja. Za zagotavljanje enakomernih robnih pogojev z ozirom na porazdelitev obremenitev in mazivo je bilo razvito preizkuševališče z vertikalno osjo. Izgube zaradi upora in vrtnčenja so bile določene pri različnih nivojih oljne kopeli in pri minimalnem mazanju. Eksperimentalne študije so bile dopolnjene z numeričnimi preiskavami. V ta namen so bile opravljene simulacije CFD, ki pojasnjujejo pomembne vplive in tok fluida v ležaju. Za izračun izgub zaradi izpodrivanja maziva je bila uporabljena metoda količine fluida (VOF). Za modeliranje gibanja kotalnih elementov ležaja je bil uporabljen model spremembe okvirja tranzientni rotor-stator (TRS). Zaradi različnih nivojev olja, ki so bili uporabljeni pri eksperimentih, je bil v simulacije vključen tako enofazni kakor tudi dvofazni tok. Za natančen izračun pretoka je bila uporabljena računska mreža s prilagojeno konturo in približno 2,5 milijona celic. Mreža je v območju znotraj koničnega kotalnega ležaja bistveno bolj fina kot v prostoru zunaj njega.

Rezultati jasno kažejo, kako vrtilna hitrost, viskoznost olja in še posebej nivo olja vplivajo na izgube zaradi upora in vrtnčenja koničnih kotalnih ležajev. Simulacije CFD kažejo tudi natančnost razpoložljivih metod za izračun izgub upora in vrtnčenja. Simulacije kažejo, do kolikšne mere je treba v izračunih upoštevati vsebnost zraka v mazivu, ki nastane zaradi vrtenja ležajnih elementov in se povečuje z vrtilno hitrostjo.

Pri primerjavi rezultatov eksperimentov in simulacije je treba upoštevati poenostavitve glede vsebnosti zraka v mazivu. Za skrajšanje računskega časa pri poplavljenih koničnih kotalnih ležajih so bile uporabljene enofazne simulacije. Vsebnost zraka je bila upoštevana prek modificirane dinamične viskoznosti, ki je bila določena eksperimentalno.

Delo predstavlja pomemben prispevek pri določanju faktorjev izgub zaradi izpodrivanja maziva. Te ugotovitve so nujne za sestavljanje računskega modela določanja izgub zaradi upora in vrtnčenja pri koničnih kotalnih ležajih, ki ne zahteva kompleksnih računskih orodij.

Ključne besede: konični kotalni ležaji, vertikalna os, izgube zaradi vrtnčenja, izgube zaradi upora, torni moment, simulacije CFD