

# Večparametrična dinamična analiza sistema kotalnih ležajev

Almatbek Kydyrbekuly<sup>1</sup> – Gulama-Garip Alisher Ibrayev<sup>1</sup> – Tangat Ospan<sup>1</sup> – Anatolij Nikonov<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Al-Farabi Kazahstanska narodna univerza, Kazahstan

<sup>2</sup> Fakulteta za industrijski inženiring Novo mesto, Slovenija

Pri načrtovanju rotacijskih strojev je ena najpomembnejših mehanskih komponent, ki jih opisujejo nelinearni modeli, elastična podpora, ki zagotavlja delovanje in zanesljivost sistema. Pri analizi linearnih rotorskih sistemov z valjčnimi ležaji se najpogosteje uporablja približna ocena togostnih in dušilnih lastnosti ležajev, medtem ko je v resnici togost ležaja močno odvisna od obremenitve, to je od načina delovanja rotorskega sistema, od geometrije in velikosti zračnosti ležajev, velikosti prileganja notranjega in zunanlega obroča v ležaju ter drugih dejavnikov.

Za podroben opis dinamičnega procesa sistema kotalnih ležajev je potrebno upoštevati vpliv dejavnikov, kot so neuravnoteženost, asimetrija rotorja na gredi, zunanje trenje, spremembe vztrajnostnih parametrov in položajne sile različnih vrst. V prispevku smo preučevali vpliv velikosti reže, vrtilne frekvence na frekvenčne spektre in amplitudno-frekvenčne značilnosti poljubnega rotorskega sistema na kotalne ležaje. Matematični modeli ležajev, ki upoštevajo faktorje nelinearnosti, se odlikujejo po kompleksnosti, predvsem pa po obremenitvah, ki jih upoštevajo.

Razvita je metoda za izračun amplitud in konstrukcijo frekvenčnih karakteristik vsiljenih in samovzbujenih vibracij sistema »rotor-tekočina-temelj« na kotalnih ležajih z nelinearno karakteristiko, ki temelji na metodi kompleksnih amplitud in harmonskega ravnovesja. Izpeljane so nelinearne enačbe gibanja sistema »rotor-tekočina-temelj«, za katere so predstavljene analitične metode reševanja. Določene so frekvence osnovne in ultra harmonične resonance. Ocenjeni so intervali med frekvencami samovzbujenih nihanj. V prispevku je prikazana odvisnost amplitud od količine tekočine v votlini rotorja, mase temeljev, linearne neuravnoteženosti, vrednosti koeficienta togosti in koeficienta dušenja. Proučene so tudi posebnosti nelinearnega dinamičnega obnašanja, za katere so značilne ultra harmonične vibracije. Za optimalne vrednosti amplitud so bili v celoti določeni optimalni parametri linearne neuravnoteženosti, mase temeljev, prostornine tekočine v votlini rotorja, togosti in koeficienta dušenja.

Ugotovljeno je bilo, da v prisotnosti zanemarljivo majhne količine tekočine v votlini opazimo tri cone samovzbujenih nihanj in tri resonančne amplitude za rotor in za temelj. Največje amplitude vsiljenih nihanj rotorja in temelja opazimo, ko je tretjina votline rotorja napolnjena s tekočino. Poleg tega je bilo ugotovljeno, da zmanjšanje prostornine tekočine vodi do premika tretje resonance proti nižjim krožnim frekvencam. Prav tako se ob znatnem zmanjšanju koeficienta dušenja pojavi premik tretje resonance proti višjim kotnim hitrostim. Zlasti pri rotorju, napolnjenem s tekočino do tretjine prostornine, omenjeno resonanco opazimo pri isti frekvenci kot pri praznem rotorju, kar je značilnost nelinearnih vibracij.

Dinamična analiza je pokazala, da z naraščanjem vrednosti neuravnoteženosti za red velikosti amplitudno frekvenčno karakteristiko rotorja in temelja določa nelinearnost progresivnega tipa. Tako s povečanjem linearne neuravnoteženosti samovzbujena nihanja, ki izvirajo iz delovanja tekočine, zamrejo zaradi vsiljenih vibracij. V tem primeru se značilna razčlenitev amplitud premakne proti višjim frekvencam sistema. Nadalje se po razčlenitvi zaradi učinka samocentriranja delovanje sistema stabilizira, pri čemer se pojavijo vibracije z amplitudo, ki nekoliko presega amplitudo samovzbujenih nihanj.

**Ključne besede:** vsiljena nihanja, resonanca, tekočina, kotalni ležaj, samovzbujena nihanja, ultra harmonično nihanje