

Nov pristop k identifikaciji plinske kavitacije v curkovnih črpalkah za olje mazalnih sistemov

Jun Zhang¹ – Peiyong Ma¹ – Shuyi Gan¹ – Xianguo Hu^{1,*} – Shunsen Wang²

¹ Tehniška univerza Hefei, Fakulteta za strojništvo, Kitajska

² Univerza Xi'an Jiaotong, Inštitut za turbostroje, Kitajska

Curkovne črpalke za olje so ključna komponenta mazalnih sistemov turbostrojev. S povečevanjem gostote moči pri turbostrojih se pojavlja problem kavitacije v omenjenih črpalkah, ki lahko ogroža varnost obratovanja. Med različnimi vrstami kavitacije v curkovnih črpalkah za olje ima posebno vlogo plinska kavitacija, ki znatno vpliva na učinkovitost delovanja črpalke. Težava pri identifikaciji plinske kavitacije je v tem, da je podobna parni kavitaciji, saj povzroča dvofazni tok plina in kapljevine v pretočnih kanalih. Identifikacija zato zahteva nekonvencionalne metode. Kljub temu, da se tako plinska kot parna kavitacija pojavljata v nizkotlačnem območju, gre za različna fizikalna pojava. Do plinske kavitacije prihaja zaradi difuzije in raztapljanja zraka v olju, fizikalni pojav v ozadju parne kavitacije pa je fazna premena parne in kapljevinske faze, ki poteka znatno hitreje kot proces masne difuzije. Razlikujejo se tudi njihovi vplivi na delovanje curkovne črpalke za olje, ki jih je mogoče izkoristiti za identifikacijo plinske kavitacije.

Predmet pričujoče raziskave je kavitacijski tok mazalnega olja v curkovni črpalki. Zasnovano je bilo preizkuševališče za simulacijo obravnavane črpalke. Kavitacijski tok v oljni črpalki je bil simuliran s komercialnim programskim paketom za CFD Fluent. Analizirana je bila plinska kavitacija med obratovanjem črpalke v različnih delovnih pogojih. Uporabljenih je bilo več tehnologij za preskušanje tokov in več raziskovalnih metod na osnovi razlik med vplivi kavitacije na delovanje črpalke. Frekvenčni odziv je bil določen po metodi spektralne analize. Običajna Fourierjeva analiza ni primerna zaradi enostranskih signalov pri kavitacijskem toku in v fazi kolapsa mehurčka, v študiji je bila uporabljena analiza po metodi valčne transformacije. Učinkovitost oljne črpalke, ki se kaže v sesalni sposobnosti, izkoristku, kavitacijski eroziji, vibracijah, hrupu, volumskem deležu pare in porazdelitvi tlaka v različnih delovnih pogojih, je bila sistematično izmerjena in kvantificirana na osnovi rezultatov eksperimenta in numerične simulacije. Predstavljen je nov pristop k identifikaciji plinske kavitacije na osnovi frekvenčne karakteristike kavitacijskega procesa in njegovega mehanizma vplivanja na obratovanje curkovne črpalke za olje. Iz rezultatov je razvidno, da se plinska kavitacija pojavlja v razmeroma širokem razponu delovnih pogojev črpalke. Masni delež raztopljenega zraka v mazalnem olju je znašal 110 ppm in plinska kavitacija je nastopila v razponu tlačnega razmerja od 0,144 do 0,161. Ugotovljena je bila pri vrednosti kavitacijskega števila 1,68, izginila pa je pri vrednosti 1,31. Količina raztopljenega zraka v mazalnem olju je 6,3-krat večja kot v vodi, curkovna črpalka za olje pa je za 16 % bolj nagnjena h kavitaciji kot curkovna črpalka za vodo. Rezultat študije je nov pristop k identifikaciji plinske kavitacije, osvetljuje pa tudi mehanizme tega procesa in zagotavlja zanesljive eksperimentalne podatke o vplivu plinske kavitacije na mazalne sisteme turbostrojev. Študija daje tudi zanesljivo tehnično osnovo in mehanizme za identifikacijo, vrednotenje, napovedovanje vplivov in preprečevanje kavitacije v mazalnih sistemih.

Potrebne bodo še dodatne raziskave na področju razločevanja med plinsko in parno kavitacijo, denimo raziskave mehanizmov učinkovanja na mikrocurke in ustvarjanje udarnih valov, frekvenčne karakteristike hrupa, kavitacijske erozije itd. Za preprečevanje plinske kavitacije bodo potrebne tudi bolj dovršene visokohitrostne kamere in dinamične merilne naprave.

Ključne besede: curkovna črpalka za olje, mazalni sistem, različne vrste kavitacije, identifikacija plinske kavitacije, frekvenčna karakteristika, dvofazni tok plina in kapljevine