

## Raziskava interakcij med rotorjem in statorjem ter nestacionarnosti toka pri centrifugalni črpalki z majhno specifično hitrostjo

Ning Zhang\* – Minguang Yang – Bo Gao – Zhong Li – Dan Ni

Univerza Jiangsu, Šola za energetiko, Kitajska

Nestacionarni tlačni impulzi zaradi interakcij med fluidom in konstrukcijo pomembno vplivajo na stabilno in varno delovanje centrifugalnih črpalk. Zaradi intenzivne interakcije med kolesom in ohišjem (rotorjem in statorjem) nastajajo močne vibracije, ki lahko nepričakovano poškodujejo mehanske komponente. Zato je nujna analiza nestacionarnih tokovnih struktur, še posebej porazdelitve vrtnincev v črpalki, za pojasnitev vpliva dinamike odlepljanja vrtnincev na sprednjem robu lopatice na tlačne impulze. Predstavljena študija analizira nestacionarno interakcijo rotorja in statorja pri centrifugalni črpalki z majhno specifično hitrostjo. Pridobljeni so bili signali tlačnih impulzov skupaj s porazdelitvijo vrtnincev. Posebna pozornost je bila posvečena odlepljanju vrtninčastih struktur v vrtnični sledi na sprednjem robu lopatice ter interakciji z jezikom ohišja. Podrobno je bila analizirana evolucija vrtničnih struktur v okolici jezika in v kanalu lopatice. Namen tega dela je ugotovitev povezav med tlačnimi impulzi in nestacionarnimi tokovnimi strukturami.

V predstavljeni študiji so bile za ugotovitev notranjih povezav med tlačnimi impulzi in nestacionarnimi tokovnimi strukturami analizirane nestacionarne interakcije med rotorjem in statorjem ter tokovne strukture po metodi LES. Za zaključevanje enačb je bil uporabljen SGS-model Smagorinsky-Lilly. Numerična metoda je bila validirana z eksperimenti.

Kotne porazdelitve amplitude tlaka v  $f_{BPF}$  nakazujejo značilen moduliran vzorec zaradi intenzivne interakcije med rotorjem in statorjem. Amplituda tlaka v  $f_{BPF}$  vzdolž ohišja pri imenskem pretoku kaže tendenco po zmanjševanju v območju, oddaljenem od jezika ohišja, kar lahko pripišemo širjenju reže med kolesom in ohišjem. V srednjem delu kolesa so bili ugotovljeni štirje različni vzorci območij vrtninčenja. Očitno je, da je vrtnična struktura, ki se loči v vrtnični sledi na izstopu lopatice, v intenzivni interakciji z jezikom ohišja. Kombinirana analiza tlačnih impulzov in vrtnične strukture je pokazala, da je amplituda tlačnih impulzov odvisna od velikosti vrtnice. Ko lopatica prehaja mimo jezika ohišja, gorvodni učinek jezika ohišja pomembno vpliva na porazdelitev vrtnincev na tlačni strani lopatice. Pri pretokih, ki se razlikujejo od projektiranih, se vrtnične strukture na sesalni strani lopatice pri  $1,4 \times Q_d$ , na sprednjem robu lopatice in v okolici jezika pri  $0,2 \times Q_d$  močno razlikujejo od struktur pri imenskem pretoku.

Podroben in natančen opis nestacionarnih tokovnih struktur v modelski črpalki je težavna naloga. V tej študiji ni bilo mogoče zajeti procesa evolucije odlepljanja vrtnice od sprednjega roba lopatice. V nadaljnjih študijah bi bilo zato treba uporabiti finejšo mrežo in več računskih zmogljivosti za razkritje procesa odlepljanja vrtnične strukture na sprednjem robu lopatice in mehanizma interakcije z jezikom ohišja. Z eksperimentalno raziskavo tlačnih impulzov in nestacionarnimi meritvami PIV bi bilo mogoče validirati numerične rezultate ter pridobiti celovit pregled nad interakcijami med rotorjem in statorjem v centrifugalnih črpalkah.

Razjasnitev interakcij med rotorjem in statorjem pri centrifugalnih črpalkah je klasičen raziskovalni cilj. Objavljene raziskave obravnavajo bodisi amplitudo tlaka v  $f_{BPF}$  bodisi nestacionarne tokovne strukture. V splošnem velja, da je amplituda tlaka odvisna predvsem od interakcij med rotorjem in statorjem, sami vplivi na interakcijo med rotorjem in statorjem pa so le redko predmet raziskav.

Članek razkriva evolucijo odlepljanja vrtnice na sprednjem robu lopatice in njegovo interakcijo z jezikom ohišja. Analizirani so tudi dejavniki, ki vplivajo na amplitudo tlaka, kar je v objavljeni literaturi redkost. Raziskava tako prispeva k izboljššanemu razumevanju interakcij med rotorjem in statorjem.

**Ključne besede:** centrifugalna črpalka, simulacija velikih vrtnincev, nestacionaren tok, interakcije med rotorjem in statorjem, tlačni impulzi, vrtnična struktura