

ГОЛОВКО Н.М., ЖОВДАК В.О., докт. техн. наук, проф.

ВИМУШЕНІ КОЛИВАННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА ПАРОВИХ ТУРБІН З РОЗЛАДОМ

Реальні конструкції завжди відхиляються від строгої симетрії в більшому або меншому ступені. Порушення строгої симетрії викликається обмеженою точністю формоутворення й монтажу елементів конструкцій, неоднорідністю властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені.

Лопатковий апарат сучасних парових турбін має різні типи конструктивних виконань бандажа. Як правило, саме в цих з'єднаннях можливі технологічні відхилення, які істотно впливають на динамічні характеристики цих систем. Це пов'язане з технологією складання лопаткового апарата, тому що зчленування лопаток на кільце вимагає ручного припасування контактуючих поверхонь, що позначається на циклічній симетрії конструкції.

У конструкціях з розладом суттєво змінюється спектр власних частот та власні форми коливань. На ампліудно-частотній характеристиці це призводить до зміни форми та частотних діапазонів існуючих піків та спонукає до появи нових, що обумовлені розшаруванням кратних частот та втратою ортогональності між власними формами системи та просторовою формою навантаження. Таким чином, актуальною задачею являється вивчення впливу конструкційних особливостей бандажного з'єднання на динамічні характеристики пакета лопаток.

В роботі розглянуто лопатки третього ступеня парової турбіни з перемінним поперечним перерізом, а також мають велику довжину та кут попередньої закрутки, цільно-фрезеровану бандажну полицю, двох опорний грибоподібний хвостовик. Конструктивно лопатки насаджені на диск підганяються один до одного по бічних поверхнях бандажної полиці й з'єднуються шляхом вставляння в наявні пази вставок, які зміщені друг відносно друга на деяку відстань, так щоб збільшити жорсткість утвореного з'єднання.

Конструкційні і технологічні особливості бандажного з'єднання лопаткового апарата третьої ступені парової турбіни впливають на його динамічні характеристики (власні частоти й форми коливань). Монтажні і технологічні відхилення робочого колеса, яке досліджується в роботі,

викликані можливістю різного взаємного положення роз'ємних з'єднань в бандажній полиці. В роботі був описаний алгоритм побудови структурної лінеаризованої моделі лопаткового апарату. У відповідності з цим алгоритмом для вивчення динамічних властивостей пакета лопаток необхідно: розв'язати статичну контактну задачу, в результаті рішення якої визначаються контактуючі вузли, на які накладаються умови сумісності переміщень та вирішити задачу власних коливань для отриманої лінеаризованої системи.

Числові дослідження проведені для пакета із трьох лопаток третьої ступені парової турбіни, жорстко закріплених по кореневим перерізам. В програмному комплексі ANSYS побудовано тривимірну кінцево-елементну параметричну модель лопатки. При її побудові використовували 8 вузловий кінцевий елемент із 3 ступенями волі у вузлі й 10 вузловий елемент із апроксимацією переміщень поліномом другого порядку.

В роботі були проведені розрахунки власних частот і форм коливань із урахуванням наявності початкового напруженого стану. Також проведено числовий аналіз вимушених коливань пакетів лопаток третьої ступені парової турбіни з урахуванням контактної взаємодії у міжбандажному з'єднанні. Розглянуто пакети лопаток яких враховано технологічні відхилення у міжлопатковому бандажному з'єднанні. Проведено аналіз впливу цих відхилень на динамічні характеристики пакету.