

С.В. КРАЩИКОВ, канд. техн. наук, ст. наук. співр., НТУ «ХПІ»

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНДАМЕНТУ ЕНЕРГОБЛОКУ ПОТУЖНІСТЮ 300 МВт

Проведено моделювання фундаменту турбоагрегату К-300-240 ХГТЗ. Проведені розрахунки з власних коливань. За результатами аналізу власних частот і форм виявлені елементи фундаменту, що мають найбільшу вібрацію при роботі турбоагрегату. Математичні моделі та розрахунки виконано на основі методу скінченних елементів.

Modelling of the base of turbine unit K-300-240 ХГТЗ are complete. The out calculations from own vibrations are given. By results of the analysis of own frequencies and forms the revealed elements of the base which have the greatest vibration at turbine unit work. Mathematical models and calculations are executed on the basis of finite element method.

Проведено моделирование фундамента турбоагрегата К-300-240 ХГТЗ. Проведены расчеты собственных колебаний. По результатам анализа собственных частот и форм выявляет элементы фундамента, которые имеют наибольшую вибрацию при работе турбоагрегата. Математические модели и расчеты выполнены на основе метода конечных элементов.

Вступ. Вітчизняні фундаменти під турбоагрегати традиційно виготовляються із залізобетону. З 1960 року замість монолітного виконання стали застосовувати збірні конструкції [1], що дозволило скоротити строки будівництва й витрату залізобетону, але привело до зниження твердості нових фундаментів і збільшило ймовірність появи резонансу в робочому діапазоні. Це пов'язане з особливостями конструкції фундаментів: як правило, основними елементами монолітних фундаментів є плити й стіни, а зборень – балки. Наявність підвищеної вібрації фундаментів балкового типу привела до необхідності динамічного аналізу цих конструкцій. Але наявні теоретичні методи на час проектування більшості енергоблоків не дозволяли обчислити необхідні вібраційні характеристики конструкцій. Було проведено значний обсяг експериментальних обстежень [2]. Проте це не охопило всі типи фундаментів. Останні норми з вібраційної оцінки фундаментів турбоагрегатів теж базуються на проведенні експериментальних обстежень. Сучасна модернізація енергоблоків базується на використанні старих фундаментів та нового або відновленого обладнання. Це призводить до необхідності математичного моделювання фундаментів та їх вібраційних процесів.

Мета роботи. Розробка моделі фундаменту для розрахунку власних коливань та проведення аналізу вібраційних характеристик.

Опис конструкції. Більшість вітчизняних фундаментів під турбіни потужністю 300 МВт і більше є рамними конструкціями з використанням стінових або плитових елементів і виготовляються зі збірного залізобетону. Верхня частина цих фундаментів представляє систему балок і плит, які замо-

ноличиваються бетоном. Нижня підземна частина фундаменту буває в балковому й плитовому виконанні, товщина насипного ґрунту не менш 2 м.

Фундамент турбоагрегату К-300-240 ХГТЗ показано на рис. 1. Він складається з 8 парних колон, рамної верхньої та нижньої частин. Колони 3 та 5 посилені плитовими елементами. Фундамент є типовим для більшості енергоблоків з обладнанням для вказаної турбіни.

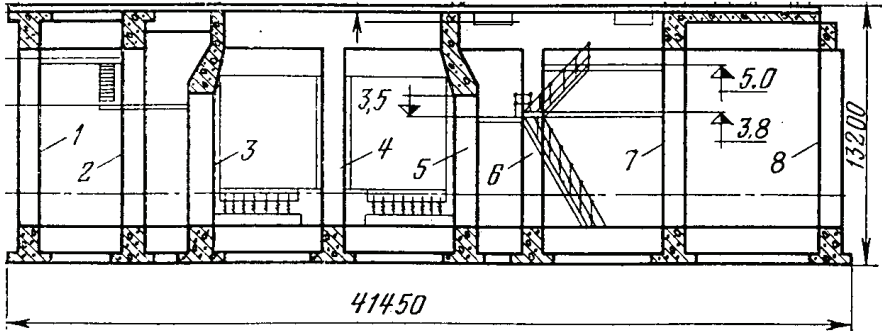


Рисунок 1 – Фундамент енергоблоку потужністю 300 МВт, 1 - 8 – номери колон.

Моделювання фундаменту. Для дослідження залізобетонного фундаменту був використаний метод скінчених елементів, що є ефективним для конструкцій зі складною геометрією. Досліджувану конструкцію було апроксимовано об'ємними елементами.

Конструкція рамного фундаменту має площину симетрії, що проходить через центр валопровіду. Це було враховано при побудові геометричної моделі залізобетонного фундаменту. Спочатку була побудована симетрична частина конструкції, а потім дзеркально відображена.

Для визначення власних частот і форм використалася за побудованою тривимірною моделлю була побудована скінчено елементна модель, що показана на рис. 2.

Вона складається з 35151 вузлів, 17061 скінчених елементів та має 103851 ступінь волі. На низ фундаменту накладено граничні умови заборони переміщень. Для перевірки математичної збіжності було зроблено модель з 17950 вузлів, 8294 скінчених елементів та 53031 ступенів волі. Розбіжність значень 70 перших частот власних коливань складає менш 4 %.

Система рівнянь для розв'язання задачі власних коливань за допомогою методу скінчених елементів має загальний вигляд:

$$M\{\ddot{q}(t)\} + K\{q(t)\} = 0,$$

де M – матриця мас, K – матриця жорсткості, $\bar{q}(t)$ – вектор переміщень.

Аналіз вібраційних характеристик фундаменту. Було проведено розрахунок 70 частот та форм власних коливань. До робочої частоти 50 Гц най-

більш наближено 3 власні частоти. Форми коливань на цих частотах показано на рис. 3-5.

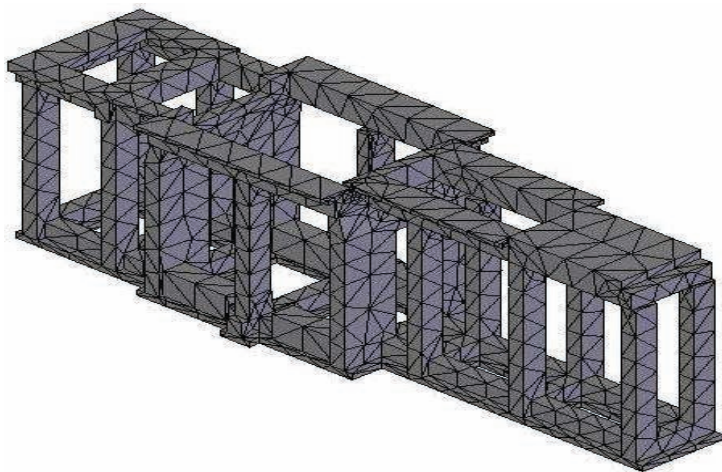


Рисунок 2 – Скінчено-елемента модель фундаменту

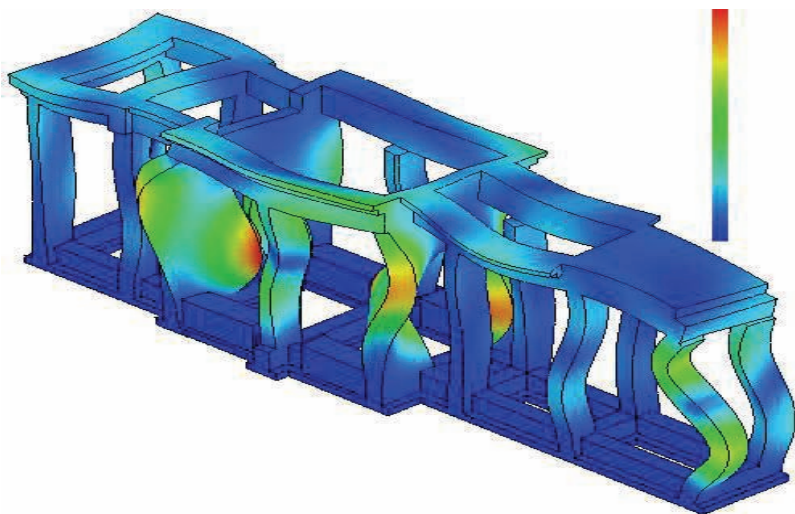


Рисунок 3 – Форма власних коливань на частоті 47,5 Гц

Форма коливань на частоті 47,5 Гц (рис. 3) несиметрична та має найбільші амплітуди коливань 3-ї, 4-ї, 5-ї та 8-ї пари колон.

Форма коливань на частоті 50 Гц (рис. 4) несиметрична та має найбільші амплітуди коливань 1-ї, 2-ї, 3-ї та 8-ї пари колон.

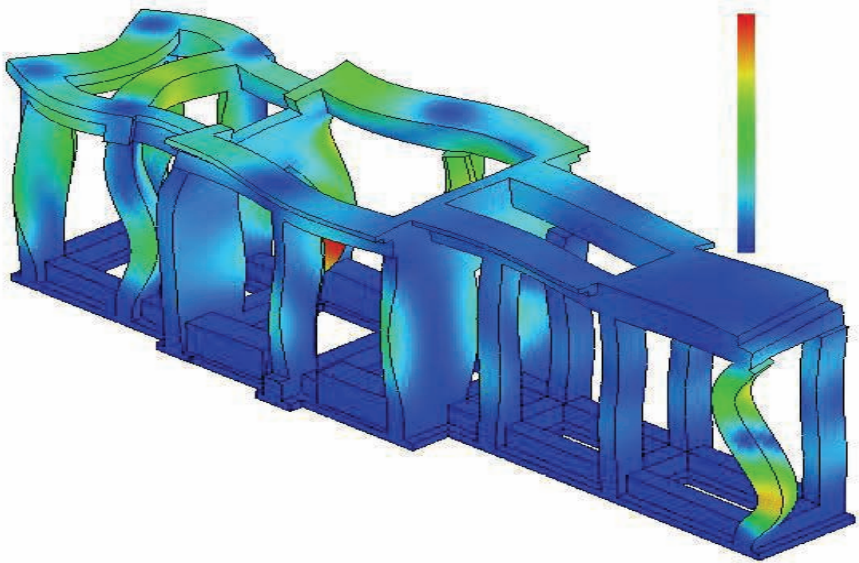


Рисунок 4 – Форма власних коливань на частоті 50 Гц

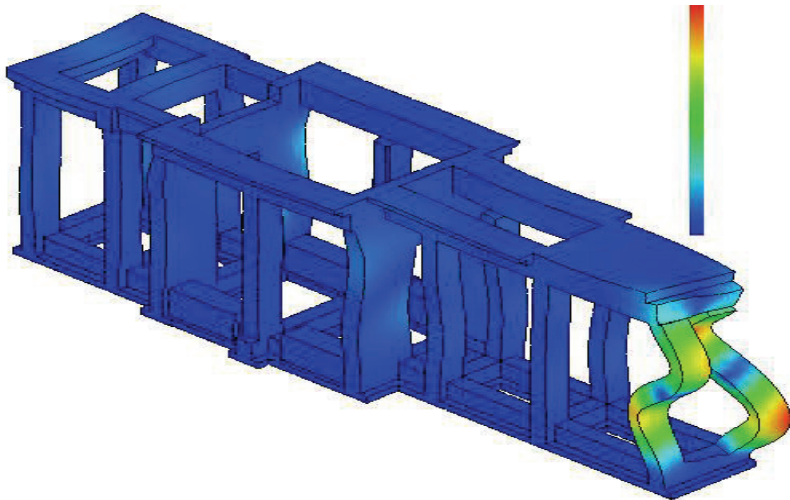


Рисунок 5 – Форма власних коливань на частоті 50,8 Гц

Форма коливань на частоті 50,8 Гц (рис. 5) несиметрична та має найбільші амплітуди коливань 8-ї пари колон.

З показаних результатів обчислень видно, що на цих трьох формах коливань найбільші амплітуди мають всі пари колон крім 6 та 7. На всіх трьох формах коливань значні амплітуди мають 3 та 8 пари колон. Це свідчить про

недостаточну жорсткість фундаменту. В першу чергу підвищенню жорсткості потребують 3 та 8 пари колон. Для цього потрібно збільшення площини колон або встановлення додаткових залізобетонних балок для поєднання місць найбільших амплітуд з елементами, що мають найнижчі рівні вібрацій.

Висновки. Побудовано тривимірну модель фундаменту турбоагрегату К-300-240 ХГТЗ. Проведений аналіз власних коливань показав наявність трьох власних частот, що щільно наближені до робочої частоти. Форми власних коливань на цих частотах мають підвищені вібрації всіх пар колон за винятком 6 та 7. Це може привести до підвищеної вібрації турбоагрегату та його валопроводу. Для покращення вібраційної надійності фундаменту та обладнання енергоблоку необхідно підвищити жорсткість фундаменту, згідно зроблених рекомендацій.

Список літератури: 1. *Абашидзе А.И., Сапожников Ф.В., Казанджян А.Т.* Фундаменты машин тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1975. – 256 с. 2. *Шейнин И.С., Цейтлин Б.В.* Теоретическое исследование динамических характеристик ряда фундаментов под мощные турбоагрегаты // Изв. ВНИИГ им. Веденеева. – 1981. – № 151. – С. 81-87. 3. *Красников С.В., Степченко О.С., Торяник А.В.* Комп'ютерне моделювання багатокорпусного турбоагрегату та аналіз його вібраційних характеристик // Машинознавство. – Львів: Кінпатрі, 2009. – № 2. – С. 27-33. 4. *Жовдак В.О., Красников С.В., Степченко О.С.* Решение задачи статистической динамики машиностроительных конструкций с учетом случайного изменения параметров // Проблемы машиностроения. – Х.: Контраст, 2004. – Т.7, № 3. – С. 39-47.

Надійшла до редколегії 13.07.2011