



Штефан Є. В.

Національний
університет
харчових
технологій

Башта Д. А.

ОАО “Київський
науково-дослідний і
проектно-
конструкторський
інститут
“ЕНЕРГОПРОЕКТ”

УДК 373:534.1:620.193

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВІБРАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ У ВАЛОПРОВОДАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

В работе рассмотрено влияние формы и продолжительности импульса крутящего момента на параметры крутильных колебаний валопроводов турбин. Проведен комплекс вычислительных экспериментов по исследованию зависимости амплитудных величин динамических напряжений по длине вала от параметров импульса крутящего момента.

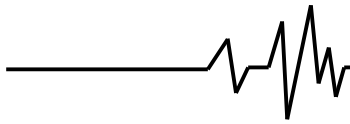
Certain factors of turbines shafting turning vibrations of the twisting moment impulse form and duration damaging are considered in this article. The complex of calculable experiments is conducted on research of dependence of peaks sizes of dynamic tensions on length of billow from the parameters of impulse of twisting moment.

Постановка проблеми дослідження пов'язана з одним із основних завдань сьогодення, у відповідності до основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013 роки (Наказ МОН України, НАН України № 1066/609 від 26.11.09 року) - визначення довговічності енергетичних установок і машин та експлуатаційних факторів, що впливають на це.

Аналіз умов тривалої експлуатації турбомашин багатьох електростанцій засвідчує, що однією із основних причин катастрофічного руйнування валопроводів турбін є зародження та розвиток магістральних тріщин утоми в матеріалі роторів, викликаних імпульсними ударними крутними моментами [1–4]. Ці моменти обумовлені, як механічними явищами у проточній частині турбін (затирання або відрив робочих лопаток) так і електромагнітними процесами в турбогенераторі (внаслідок аномальних режимів експлуатації, що відбуваються в системі генератор-електромережа). В роботі досліджується вплив параметрів імпульсних крутних моментів (форма, тривалість) на вібраційні процеси у валопроводах енергетичних установок для різних штатних та позаштатних експлуатаційних подій (короткого

замикання (КЗ), асинхронного включення (АВ) турбогенератора в електромережу, пошкоджень робочих лопаток та ін.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій по даній проблемі [3,6,7] свідчить, що до теперішнього часу моніторинг крутильних коливань роторних валів турбомашин не проводився, тому про причини їх виникнення можна говорити лише з певними припущеннями. В роботі [1] теоретично обґрунтовується основна причина крутильних коливань. Це динамічне навантаження з боку турбогенератора (ТГ) при позаштатних режимах експлуатації. В роботах [5-7] закладені основи інформаційних технологій дослідження крутильних коливань валопроводів енергетичних установок. Визначені частоти власних коливань конструкції валопровода турбіни К-200-130, розглянуті електромагнітні ефекти у турбогенераторі ТГВ-200 та визначені відповідні імпульсні крутні моменти для випадків двох, трьох фазного замикання, асинхронного включення ТГВ-200 у електромережу та ін. Оскільки валопровід є геометрично складною високо інерційною конструкцією, то стає актуальним проблема дослідження впливу параметрів імпульсного навантаження на рівень амплітуд напружень та їх розподілення по довжині валопроводу.



Метою роботи є визначення закономірностей виникнення динамічних напружень у процесі вимушених коливань валопроводу в залежності параметрів імпульсного крутячого моменту.

Результати роботи. Геометрична та скінчено-елементна модель роторного валу, схема його навантаження (рис.1) та методика дослідження процесів, що пов'язані з дією крутих коливань ротора парової турбіни К-200-130 детально описано в роботах [5,6,8]. Як відомо, напруження від статичного моменту, що скручує вал в номінальному режимі роботи генератора (M_H) порівняно незначні [4]. В аварійному ж режимі, наприклад, раптового короткого замикання, на бочку ротора турбогенератора діє динамічний крутий електромагнітний момент, граничне значення якого в декілька разів перевищує M_H [4].

Для розв'язання задачі вимушених крутих коливань ротора під дією імпульсного моменту використовувався обчислювальний комплекс ANSYS [9] на основі розрахункової схеми, що наведена на рис. 1.

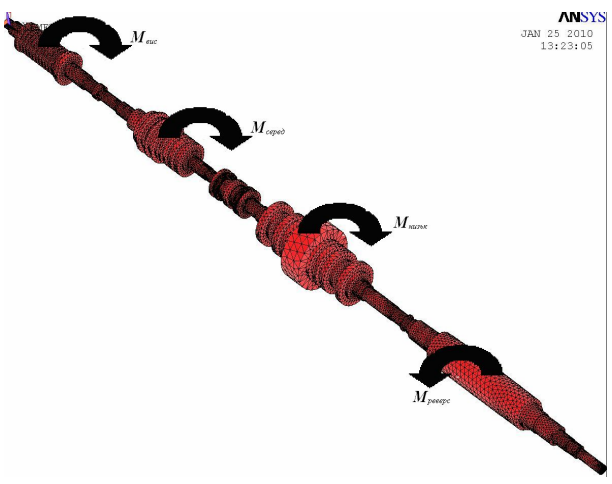


Рис. 1. Скінчено-елементна модель та схема навантаження валу турбоагрегату ТГВ -200

Дослідження крутильних коливань валопроводу, що виникають в результаті такого навантаження показали [5,6], що найбільш високий їх рівень виникає, по першій формі коливань, в двох його перерізах. Перший, в зоні з'єднання ротора циліндрів середнього і низького тисків, а другий, в зоні муфти спряження валів циліндра низького тиску і генератора.

Проведені обчислювальні експерименти для різних варіантів імпульсного навантаження дозволили дослідити вплив форми та тривалості імпульсу на параметри вимушених

коливань валопроводу [7,8]. На рис. 2,3 наведенні кінетика зміни напружень у характерних зонах паропроводу у процесі крутильних коливань.

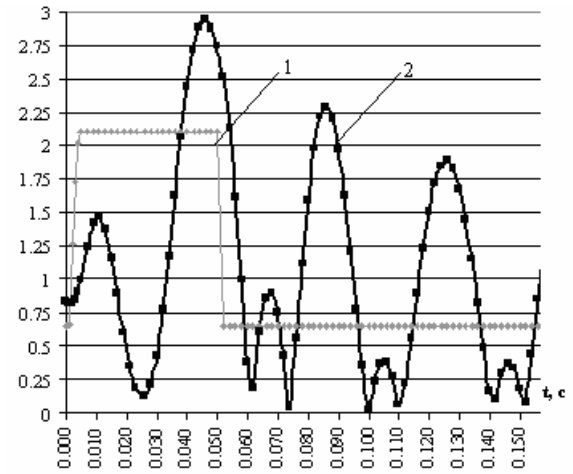


Рис. 2. Форма трапецієподібного імпульсного крутячого моменту (1) та відповідні еквівалентні напруження ($M_{кр} * 100$ МПа) у процесі вимушених коливань валопроводу у перерізі муфти ротора генератора

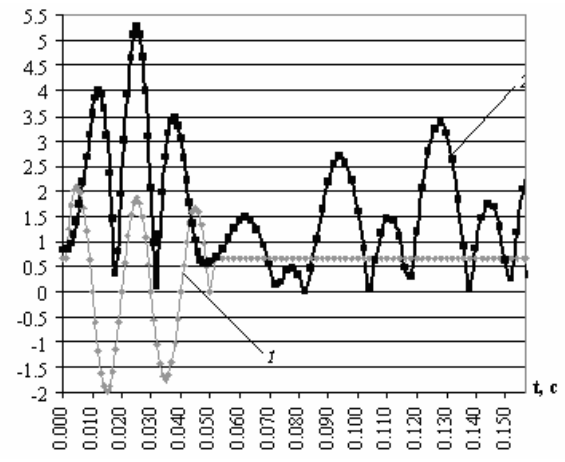


Рис. 3. Форма знакозмінного імпульсного крутячого моменту (1) та відповідні еквівалентні напруження ($M_{кр} * 100$ МПа) у процесі вимушених коливань валопроводу у перерізі муфти ротора генератора

Аналіз отриманих результатів свідчить, що у перерізі муфти генератора амплітуда коливань максимальна у зрівнянні з іншими перерізами валопроводу. На рис.4,5 представлено залежності максимальної амплітуди напружень в даному критичному перерізі в залежності від тривалості дії імпульсу крутячого моменту різної форми.

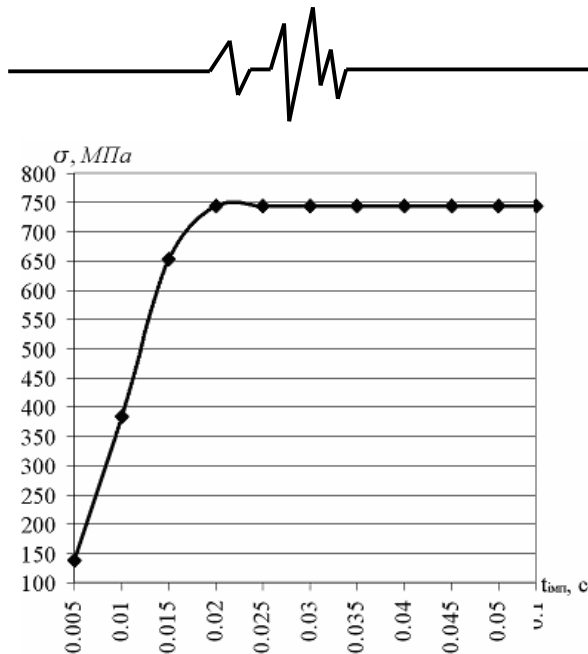


Рис. 4. Залежність максимальної амплітуди напружень у перерізі муфти ротора генератора від тривалості трапецієподібного імпульсу

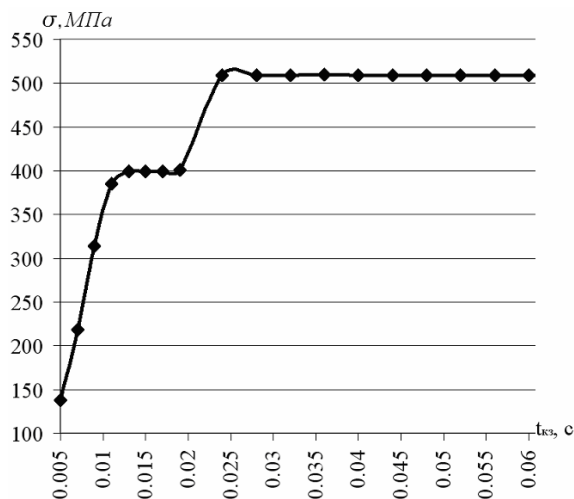


Рис. 4. Залежність максимальної амплітуди напружень у перерізі муфти ротора генератора від тривалості знакозмінного імпульсу

Висновки

1. При трапецієподібному імпульсі вільні коливання мають бігармонічний, наближений до симетричного характеру.

2. Знакозмінний імпульс викликає асиметричний цикл коливань валопроводу.

3. При трапецієподібному імпульсі відносно невеликої тривалості (до 0,02 с) максимальні напруження виникають практично на першому періоді коливань у той час як при знакозмінній формі імпульсу закономірності виникнення максимальних напружень суттєво

залежать від геометричних та інерційних параметрів валопроводу.

4. Аналіз зміни амплітуди напружень по довжині валопроводу свідчить, що по мірі віддалення перерізів від генератора імовірність досягнення максимальних напружень на першому циклі коливань збільшується.

Література

1. Детинко Ф.М. Прочность и колебание электрических машин./ Ф.М.Детинко, Г.А. Загородная, В.М.Фастовский // Ленинград: «Энергия», 1969. – 440с.

2. Лейзерович А.Ш. Эксплуатационный контроль за накоплением поврежденности деталей паровых турбин/ А.Ш.Лейзерович // Энергохозяйство за рубежом.- 1979.- №6.-С.10-16.

3. Загретдинов И.Ш. Разрушение турбоагрегатов 300МВт Каширской ГРЭС: причины, последствия и выводы / И.Ш.Загретдинов, А.Г. Костюк, А.Д.Трухний // Теплоэнергетика. – 2004.-№5.-С.5-15.

4. Крикунчик А.Б. Опасность субсинхронного резонанса для крупных турбоагрегатов/А.Б. Крикунчик // Теплоэнергетика.- 1981.-№5.- С.27-28.

5. Штефан Є.В. Визначення амплітудних напружень при вібраційних крутних навантаженнях валопроводів турбомашин / Є.В.Штефан, В.П. Куєвда, Д.А. Башта // Вібрації в техніці та технологіях, 2011.-№2(62).-С.110-113

6. Інформаційні технології дослідження вібраційних процесів у роторах турбомашин / Є.В. Штефан, А.П. Бовсуновський, О.Ю. Черноусенко, Д.А. Башта // Вібрації в техніці та технологіях.-2009.-№3(55).-С.48-50.

7. Усталостное повреждение и разрушение роторов паровых турбин в результате крутильных колебаний / А.П. Бовсуновский, О.Ю. Черноусенко, Є.В. Штефан, Д.А. Башта // Проблемы прочности.–2010.–№1 (403).–С.144-151.

8. Визначення динамічних крутних моментів, що діють на ротор турбогенератора ТГВ-200 при трифазних коротких замиканнях / В.П. Куєвда, Є.В.Штефан, Ю.В.Куєвда, Д.А. Башта // Енергетика та електрофікація.–2011.– №87(331).–С.7-13.

9. Прошин, И. В. Использование ANSYS/CivilFEM для решения задач строительного проектирования. Обзор возможностей программного комплекса [Текст] / М. В. Прошин, Т. В. Исайкова, Ю. Ю. Кабанов / Автоматизация проектирования. — 2008. — №2. — С.32-34.