

УДК 621.876.32

В.Ю. Бойко, Лі Хунчень, Ю.М. Данильченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Використання методів комп'ютерного моделювання для діагностики стану редуктора приводу тунельного ескалатору

Для редукторів приводів ескалаторів КП «Київський метрополітен» актуальною проблемою на даний момент є забезпечення їх працездатного стану. Для виконання цієї задачі необхідно періодично контролювати технічний стан редуктора з метою виявлення фактів виникнення і розвитку механічних пошкоджень елементів редуктора. Найбільш придатними для цього є методи вібраційної діагностики.

Аналіз вібраційного спектру вібрацій, можливий лише за умови визначеності джерел збурення коливань і співвідношення частот вимушених и власних коливань елементів редуктора.

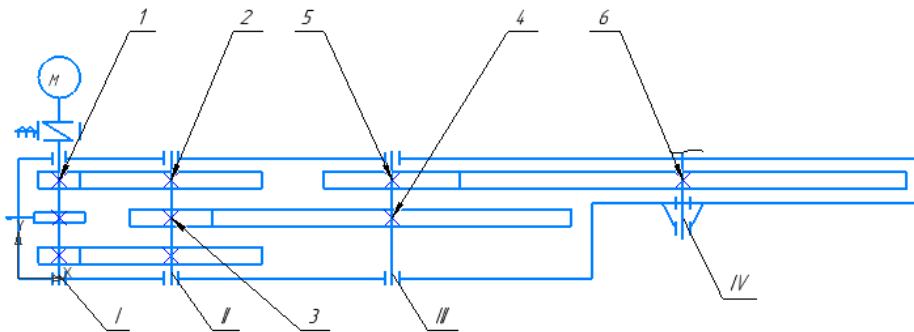
Основними джерелами збурення вимушених коливань в редукторах вважаються зубчасті передачі і підшипники опор валів. Вони генерують коливання на так званих частотах кінематичного збурення, основними з яких є [1]: частота обертання j -го валу (f_{rj}), зубцева частота i -ї передачі ($f_{zi}=f_{rj} z_j$), частота проходження тіл кочення по внутрішньому (f_{IR}) і зовнішньому (f_{OR}) кільцях, частота обертання тіл кочення (f_{BS}) і кратні їм частоти.

Що ж стосується власних частот, то тут виникає проблема, пов'язана із складністю ідентифікації чи безпосереднього визначення власних частот елементів редуктора в зібраному стані. Тому для визначення власних частот окремих елементів редуктора було використано метод комп'ютерного моделювання в програмному середовищі Ansys.

Наведемо приклад застосування комп'ютерного моделювання в середовищі Ansys у процесі діагностики вібраційного стану редуктора ескалатора, кінематична схема якого подана на рис. 1.

За результатами вимірювання вібрацій редуктора приводу ескалатора на одній із станцій КП «Київський метрополітен» та обробки отриманих сигналів за допомогою застосування процедури швидкого перетворення Фур'є, віконних функцій та різного розміру блоків даних було отримано спектри вібрацій різної роздільної здатності. На спектрі високої роздільної здатності, наведеному на

рис.2, було виявлено ряд частот із високим рівнем амплітуд коливань (позначені стрілками).



Номер валу	I	II		III		IV
Номер колеса	1	2	3	4	5	6
Число зубців	24	106	27	116	22	72

Рис.1 Кінематична схема редуктора привода ескалатора

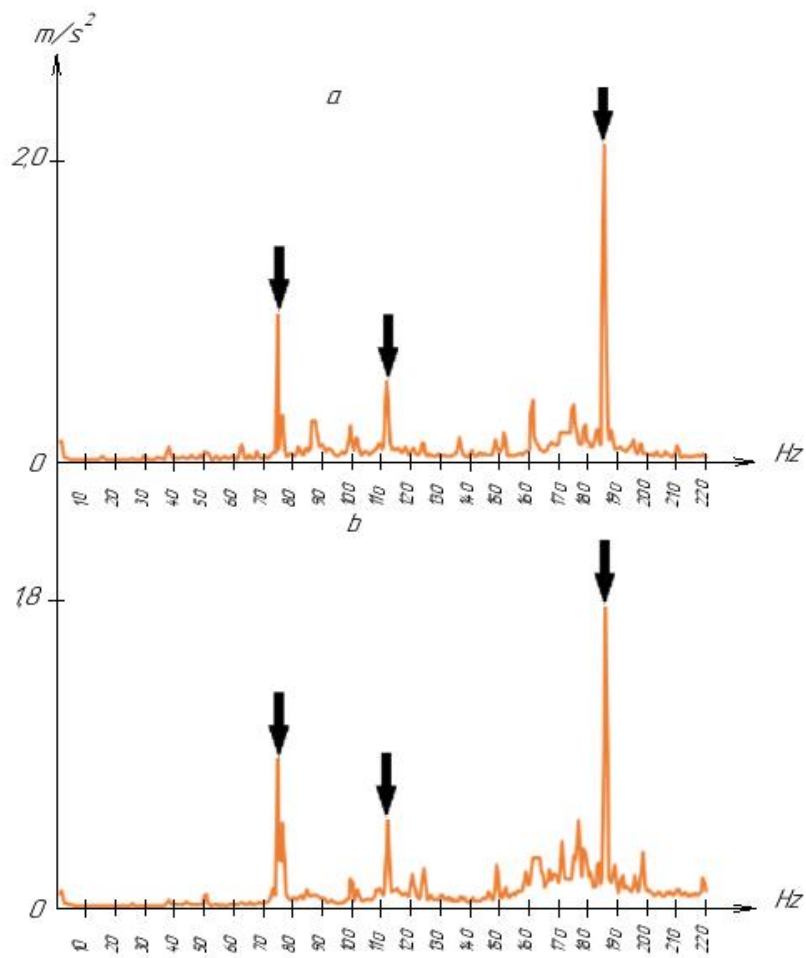


Рис.2 Спектри високої роздільної здатності: а – вимірювання у осьовому напрямку, б – вимірювання у вертикальному напрямку

Аналіз спектрів високої роздільної здатності (рис.2) виявив наявність піку на частоті збурення 2-го зачеплення $f_{z2I} = 74 \text{ Гц}$. Це свідчить про можливе порушення роботи зубчастого зачеплення, що передає рух з проміжного валу II на тихохідний III. На спектрах вібрацій також присутні піки на кратних частотах $k \cdot f_{z2I}$, при $k=1,5; 2,5$. Це свідчило про можливу наявність дефекту змінної жорсткості зубців у зачепленні. Але на некратних частотах цей дефект проявляється лише при умові виникнення резонансних коливань [1].

Для пошуку власних частот скористаємося програмним середовищем Ansys, а саме її аналізатором Modal, що дозволяє вести його за формами коливань.

Для цього задаються механічні характеристики матеріалу у модулі Engineering Data. Далі у модуль завантажується модель у форматі Parasolid. У випадку збірного вузлу, задаються зв'язки між деталями у модулі Connections (рис. 3). Після цього задається стандартна розбивка на кінцеві елементи (Mesh) і обмеження на модель. У нашому випадку обмеження полягає у необхідності представлення підшипникових вузлів як пружних опор з питомою жорсткістю $1,15 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^3$.

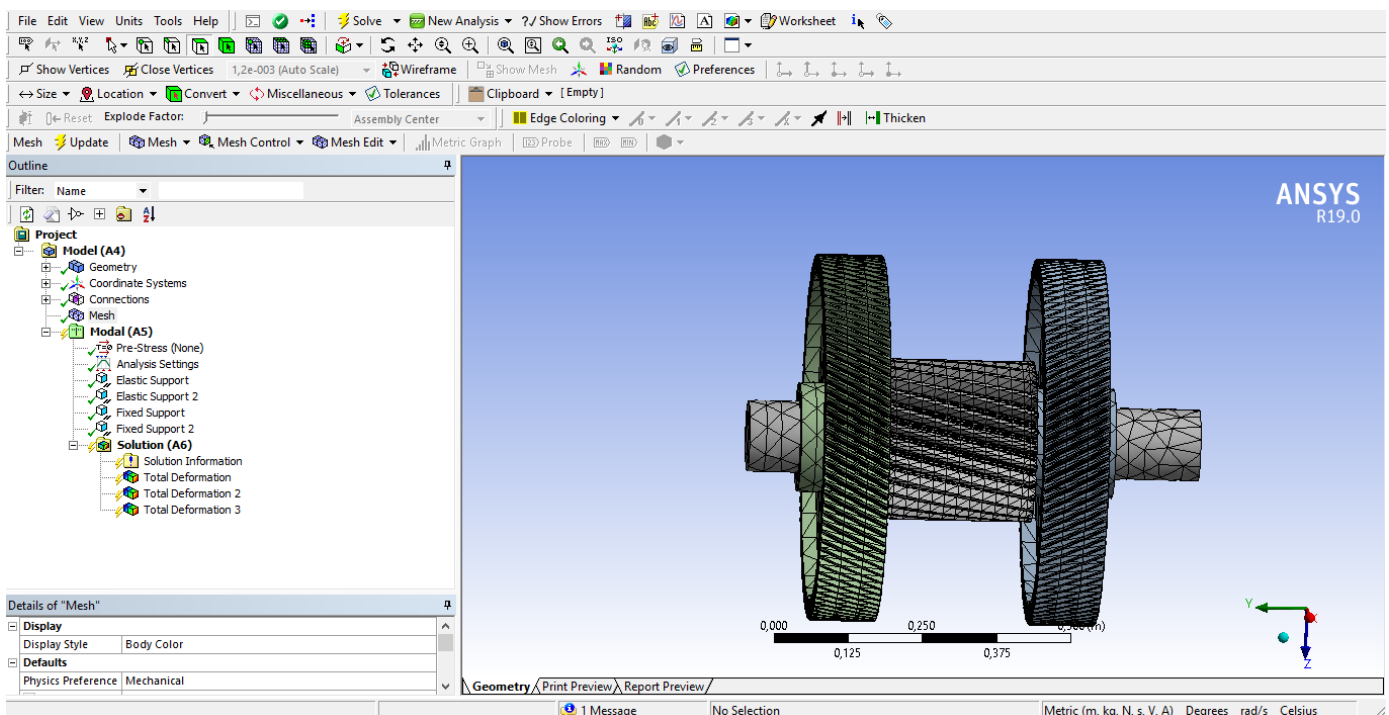


Рис.3 Ansys Mechanical (вікно модуля для аналізатора Modal)

Результати моделювання перших двох форм коливань подані на рис. 4.

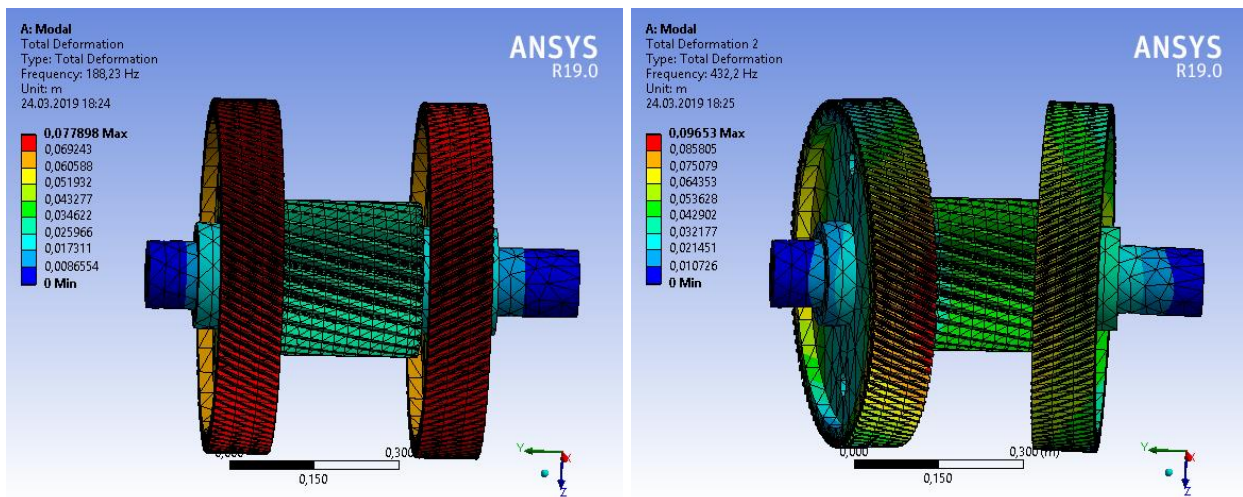


Рис.4 Деформація за 1-ю і 2-ю формами коливання проміжного валу

Як видно, перша власна частота проміжного валу (188 Гц) близька до 2,5 кратної зубцевої гармоніки, що підтверджує міркування щодо наявності дефекту змінної жорсткості зубців у зубчастому зачепленні, що передає рух з проміжного валу II на тихохідний III.

Висновки:

Отримання і аналіз спектрів високої роздільної здатності в сукупності із застосуванням методу комп'ютерного моделювання для визначення власних частот окремих елементів редуктора приводу тунельного ескалатора метрополітену дозволяє діагностувати дефекти зубчастих зачеплень типу змінної жорсткості зубців, що проявляються в зонах локальних резонансів.

Список використаних джерел

1. *Неразрушаючий* контроль. Справочник в 7 томах под ред. В. В. Ключева. / Том 7. Книга 2. Вибродіагностика. – М.: Машиностроение, 205. – 830 с.