

## АНАЛІЗ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО ПРИВОДУ МІЖРЕЗОНАНСНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ

Качур О.Ю.

**Науковий консультант:** д.т.н., проф. Ланець О.С.

*Національний університет «Львівська політехніка»*

*м. Львів, Україна*

У міжрезонансних вібраційних машинах найбільш апробованим є електромагнітний приводом [1], де третя (надлегка) маса перебуває у силовому збуренні й має в міжрезонансній зоні стрімкоподібну амплітудно-частотну характеристику, завдяки чому її амплітуда коливань може різко змінюватися на невеликій частотній ділянці. Як наслідок, в системах з електромагнітним приводом, повітряний проміжок яких обмежений, можуть виникати биття якоря об осердя з котушками, що унеможлиблює реалізацію стабільного режиму роботи.

Використання інерційного приводу у міжрезонансних коливальних системах ускладнюється наявністю ефекту Зоммерфельда [2], тому оберти дебаланса часто не в стані ввійти у міжрезонансну зону завдяки наявності першого резонансного піка (не враховуючи піка сформованого віброізоляторами). Оберти дебаланса можуть “зависнути” в околі цього піка, або ж проходячи його “зірватися” і проскочити міжрезонансну зону.

Залишається відкритим питання створення приводу, яких здатний входити в міжрезонансну зону та приводити в рух надлегку масу, реалізуючи енергоощадливі конструкції. Такими властивостями може володіти керований кривошипно-шатунний механізм, регулювання частоти обертання якого забезпечуватиметься частотним перетворювачем, а регулювання амплітуди коливань в системі реалізовуватиметься завдяки зміні ексцентриситету від 0 до визначеного значення. Це забезпечить безперешкодне входження обертів кривошипа у міжрезонансну, обходячи ефект Зоммерфельда. Подібна конструкція наведена в [3], але в ній відсутня можливість динамічної зміни ексцентриситету.

Вище наведеним вимогам відповідає керований кривошипно-шатунний привод (рис. 1). Він складається з основи 1, на якій встановлено сервопривод 2, що приводить в обертальний рух кривошип з діапазоном частоти обертання від 100 об/хв до 6000 об/хв з дискретністю регулювання 50 об/хв. Передача крутного моменту на кривошип здійснюється за рахунок зубчастої ремінної передачі 3 із передавальним відношенням 1:1. Динамічна зміна ексцентриситету на кривошипі здійснюється кроковим двигуном 4 з кроком повороту в  $\varphi = 1,8^\circ$ . Кроковий двигун жорстко з'єднаний з трапецеїдальним гвинтом 5, в якого крок витка  $p = 2$  мм. З врахуванням того, що в пульті керування 6 використовується драйвер крокового двигуна з максимальним діленням кроку в  $\zeta = 16$  разів, то можемо поррахувати точність переміщення гайки 9 по гвинту 5. Для

знаходження точності переміщення необхідно встановити кількість імпульсів на один оберт валу крокового двигуна:

$$i = \frac{360 / \varphi \cdot \zeta}{p} = \frac{360 / 1,8 \cdot 16}{2} = 1600 \text{ імпульсів/об}, \quad (1)$$

тоді точність переміщення гайки 9 складе:

$$\delta = \frac{p}{i} = \frac{2}{1600} = 0,00125 \text{ мм}. \quad (2)$$

Зрозуміло, що дана точність може бути тільки теоретичною, так як на неї впливає ряд факторів, але однозначно можна стверджувати, що вона достатня для поставленої задачі.

Згідно з принциповою схемою одна ланка кривошипно-шатунного механізму з'єднана безпосередньо із приводним валом 7, а інша монтується на лінійних підшипниках 8, до якої у свою чергу закріплена трапецеїдальна гайка вибору люфта 9. Так як наявність самого кривошипного механізму створює розбалансування, то він працює одночасно як інерційний привод. Для усунення цього використано активний механізм балансування 10. Початкове і кінцеве положення кривошипу обмежене програмно і здійснюється при натисканні на кінцеві вимикачі 11 й 12. Поздовжній хід гвинтового валу, що відповідає за зміну ексцентриситету, становить 18 мм.

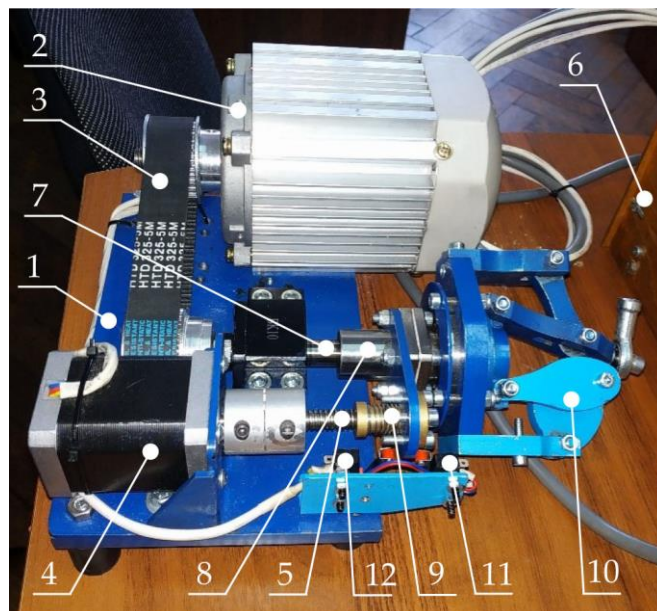


Рисунок 1 – Керований кривошипно-шатунний привод

В програмному продукті SOLIDWORKS з використанням вбудованого модуля Motion було проведено моделювання зміни величини ексцентриситету від переміщення гвинта 5 кривошипно-шатунного механізму. Можемо побачити

(рис. 2, а), що при переміщенні гвинта 5 на величину від 0 до 18 мм, ексцентриситет змінює своє значення від 0 до 31,518 мм.

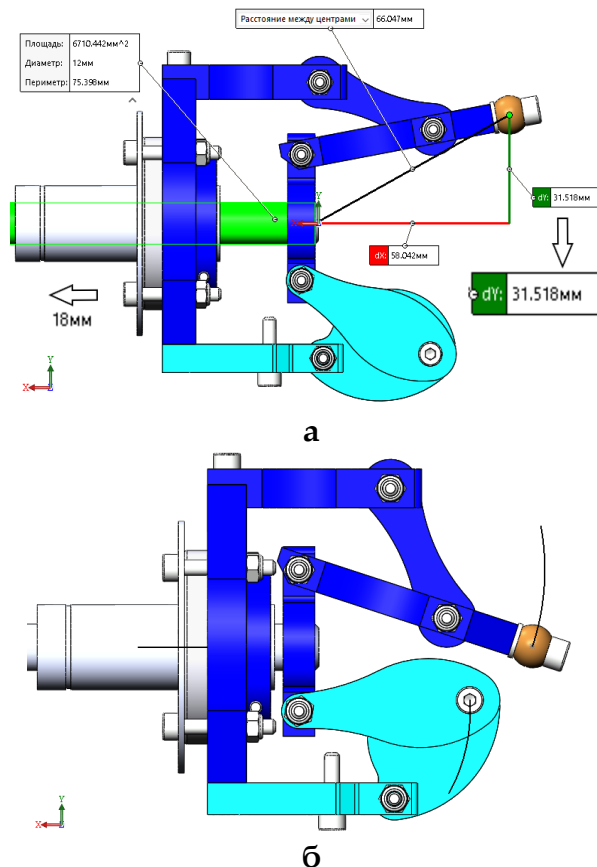


Рисунок 2 – Моделювання переміщення керованого кривошипно-шатунного механізму з геометричними параметрами зміни величини ексцентриситету (а) та траєкторія руху ланок (б)

Траєкторія переміщення ланок кривошипно шатунного механізму, та рух протизаги змодельована на рис. 2, б.

Таким чином, запропонований механізм має можливість змінювати частоту обертання кривошипа в діапазоні від 100 об/хв до 6000 об/хв та його ексцентриситет від 0 до 31,518 мм, що забезпечує гнучке керування параметрів та режимів роботи.

#### Список літератури

1. Ланець О.С., Високоєфективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом (Теоретичні основи та практика створення), Львів: Видавництво Львівської політехніки 2008.
2. Ланець О.С., Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин. Книга 1. Теорія та практика створення вібраційних машин з гармонійним рухом робочого органа: навч. посібник – Львів: Видавництво Львівської політехніки 2018.
3. John M. Morris, "Wibratory drive mechanism," US Patent 3,180,158 April 27, 1965.