

УДК 620.178.53:681.2

**АНАЛІЗ ПРОЯВУ ЛЮФТУ В КІНЕМАТИЧНІЙ СХЕМІ
ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО ВІБРОСЕНСОРА**В.А. Вакулик, магістрант,
Г.І. Войченко, к.т.н., доцент*Київський національний університет технологій і дизайну*

Ключові слова: вібрація, електродинамічний вібросенсор, кінематичний розрахунок, люфт.

Електродинамічний сенсор параметрів вібрації [1...3] (див. рисунок) складається з магнітної системи 1, рухомої електропровідної котушки 2, розміщеної у повітряному зазорі системи 1, пружно-еластичного кріплення 3 котушки до нерухомого корпусу сенсора та механізму передачі вібраційного руху до котушки від досліджуваного об'єкта 5. В конструктивно найпростішому випадку такий механізм може складатися з жорсткого стрижня-щупа 4, який контактує з об'єктом.

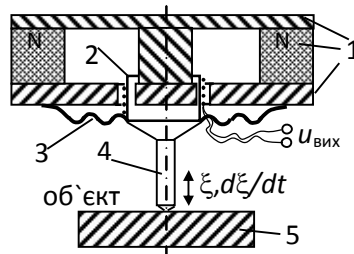


Рисунок 1 – Побудова електродинамічного сенсора параметрів вібрації

Для забезпечення сталого контакту стрижень-щуп притиснений до об'єкта з певним зусиллям, заданим для статичного стану. Однак, в процесі вібраційного руху може виникнути ситуація короткочасного люфту, при якій кінець щупа 4 відходить від поверхні об'єкта 5, не встигаючи за швидким вібраційним рухом його поверхні, що призводить до неприпустимого спотворення результатів вимірювального перетворення. Метою даної роботи є дослідження умов, при яких виникає згаданий люфт і вироблення рекомендацій щодо його уникнення.

Слід зауважити, що наявність люфту в механічній системі призводить до її не лінійності. Теоретичний аналіз механізмів з люфтом є досить складною задачею. В сучасних умовах існують системи комп'ютерного моделювання, які дозволяють вирішувати подібні задачі чисельним методом, але вони потребують попереднього складання математичної моделі системи з люфтом, що часто перетворюється в досить тривалий ітеративний процес [4].

Тому в даній роботі був запропонований спрощений підхід до аналізу переміщення рухомої частини сенсора (РЧС) з використанням програми MathCAD. Цей підхід полягає у представленні руху РЧС у вигляді двох фаз. Перша фаза руху має місце, коли є контакт між щупом і поверхнею об'єкта. В цьому випадку РЧС здійснює вимушені коливання, закон руху яких повністю співпадає з рухом $\xi_{\text{вим}}(t)$ поверхні об'єкта. Друга фаза починається з моменту відриву щупа, обумовленого динамічними силами, від поверхні об'єкта і триває до

поновлення контакту щупа з поверхнею об'єкта. В цій фазі РЧС рухається по закону вільних коливань $\xi_0(t)$, які з достатньою точністю описуються однорідним диференціальним рівнянням другого порядку зі сталими коефіцієнтами і початковими умовами $\xi_{\text{вм}}(t_{\text{в}})$, $\dot{\xi}_{\text{вм}}(t_{\text{в}})$, які мали місце на момент $t_{\text{в}}$ відриву щупа від контрольованої поверхні. Коефіцієнти рівняння визначаються в першу чергу фізико-механічними властивостями елементу кріплення РЧС до корпусу сенсора. Відповідно від цих властивостей залежить і амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) РЧС, яка визначає реакцію сенсора на вхідне збурення у вигляді монохромного гармонічного сигналу. Важливими показниками АЧХ є частота власного резонансу $\omega_p = \sqrt{K/m}$ та ступінь заспокоєння $\beta = P/(2\sqrt{K \cdot m})$ РЧС. В цих виразах m – маса РЧС, P і K - відповідно коефіцієнти демпфування і пружності РЧС.

Моделюванням вказаних процесів були виявлені наступні явища. В дорезонансній області частот сигналу збурення $\xi_{\text{вм}}(t)$, коли переміщення рухомої частини сенсора порівняно повільне, має місце стійкий контакт між щупом і контрольованою поверхнею. Такий режим слід вважати найкращим з точки зору точності вимірювального перетворення. При підвищенні частоти сигналу збурення до області резонансу, коли $\omega \rightarrow \omega_p$, виникає розрив контакту між щупом і контрольованою поверхнею. Важливо, що це явище залежить також від ступеню заспокоєння β РЧС. Чим менше значення β , тим чіткіше проявляється явище резонансу РЧС і тим раніше можливе порушення згаданого контакту.

Таким чином, можна сформулювати наступні рекомендації. На точність роботи електродинамічного сенсора суттєво впливають фізико-механічні властивості елементу кріплення РЧС до корпусу сенсора. При конструюванні сенсора необхідно проаналізувати співвідношення між діапазоном частот (спектром) контрольованих вібрацій і частотою власного резонансу РЧС. Також слід контролювати ступінь заспокоєння β РЧС. Необхідно так вибирати матеріал елементу кріплення РЧС, щоб цей елемент мав достатні демпфуючі властивості, щоб резонанс у русі РЧС мав помірне значення.

Список використаних джерел

1. Вібрація машин з зворотно-поступальним й обертальним рухом. Вимоги до засобів вимірювання. ДСТУ ГОСТ ІСО 2954:2004. (ГОСТ ІСО 2954:97, IDT). [Чинний від 2005-01-01]. Введ. 2005-01-01. 15 с.
2. Вібрація в техніке: Справочник. В 6-ти т. / [Ред. совет: Челомей В.Н. (предс.)]. -М.: Машиностроение, 1981. Т.5 Измерения и испытания. – под. ред. М.Д.Генкина.1981. -496 с.
3. Ключев В.В. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2-х кн. Книга 1. Под ред. В.В.Ключева -М.: Машиностроение, . 1978. – 448 с.
4. Теряев В.І. Моделювання механізму компенсації люфта з пружним елементом. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015, №6 с. 116-119.