

МЕТОД БАЛАНСУВАННЯ РЕЗОНАТОРА ВІБРАЦІЙНОГО ГІРОСКОПУ. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ВКАЗІВКИ.

Кафедра комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

e-mail: kvp@nau.edu.ua, kza15@ukr.net

В даній роботі розглянуто одну з методик перевірки та регулювання чутливого елемента, його статичного балансування. Наведені основні технічні вказівки щодо контролю параметрів резонатора. Вибір контролю ґрунтується на рішенні технологічних завдань, що забезпечують оптимальний процес виготовлення. Результати проведеної роботи виділяють ряд основних параметрів при виготовленні чутливого елемента вібраційного гіроскопу.

Ключові слова: контроль параметрів, балансування, резонатор, гіроскоп.

Вступ

Найбільш істотними ознаками, що характеризують гіроскопи є: тип гіроскопа, фізичний принцип побудови чутливого гіроскопічного елемента, тип підвісу, призначення. Вібраційний гіроскоп, прилад для визначення кутової швидкості об'єкту, що містить реагуючі на обертання об'єкта віброуючі деталі. Вібраційні гіроскопи в даний час використовуються в різних областях, в першу чергу, завдяки їх міцності, зменшеному витраті електроенергії і швидкій роботі. Принцип роботи такого гіроскопу у виникненні моменту Коріолісових сил інерції, що викликають крутильні коливання вібратора навколо осі. Виготовлення гіроскопа пов'язане з рядом технічних питань, які будуть розглянуті в даній роботі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У ряді робіт, присвячених дослідженню вібраційних гіроскопів, з метою спрощення розрахунків дослідження вібраційних гіроскопів базується на використанні одновимірних моделей. Так в роботах [5, 1, 6] наведені одновимірні математичні моделі п'єзоелектричних вібраційних гіроскопів і розглянуті методи їх аналізу. Зроблено висновок про можливість використання п'єзоелектричних гіроскопів в якості датчиків кутової швидкості. Недоліком даних моделей є неможливість обліку різних похибок виготовлення і збірки п'єзоелектричних вібраційних гіроскопів, що вимагає проведення балансування в цілях компенсації похибок, не прийнятих до уваги в рамках даних моделей. Проблеми аналізу роботи п'єзоелектричного вібраційного гіроскопа на основі методу електричних еквівалентних схем розглянуті в роботах [3, 2, 4]. Представлені найпростіші еквівалентні схеми п'єзоелектричних вібраційних гіроскопів різних конструкцій. вивчено вплив перехресних зв'язків між первинними і вторинними коливаннями. Показаний взаємозв'язок чутливості гіроскопа і різниці частот первинних і вторинних коливань. У роботах [5, 6, 3, 2,] аналізуються робочі характеристики різних конфігурацій гіроскопів камертонного типу. У статтях [4, 1] наведені аналітичні моделі гіроскопів камертонного типу. Розглянуто вплив демпферування на чутливість гіроскопа.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Розглянути типову методику, статичного балансування чутливого елемента вібраційного гіроскопу, навести основні технічні вказівки щодо виконання його перевірки.

Дослідний зразок відноситься до резонаторів, які мають корпус, по суті, циліндричної форми. Ось z зазвичай відповідає осі циліндра, а осі x і y лежать в площині, перпендикулярній осі z . Відомо, що такий резонатор при вібрації деформується переважно еліптично з чотирма вібраційними пучностями, рівномірно розподіленими по колу циліндра в площині x, y . Перший

вібраційний стан 3, 7 резонатора (рис.1) для двох певних моментів щодо стану 4 спокою.

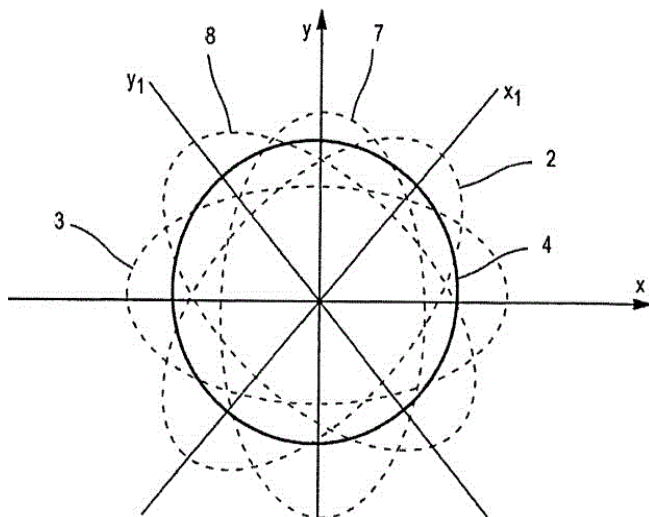


Рис. 1 Вібраційний стан резонатора

Резонатор проходить від еліпса 3 до еліпсу 7 в кінці напівперіоду. Будь-яке обертання гіроскопу навколо осі z призводить до виникнення сили Коріоліса, яка викликає зміщення в обертанні вібраційних пучностей щодо кола циліндра. П'єзоелектричні елементи, розташовані на рівні вібраційних пучностей, вимірюють сигнал, зміни якого характеризують кутову швидкість обертання i / або кут повороту навколо осі z . В якості ілюстрації на Рис. 1 показано, що обертання резонатора викликає вторинні вібрації в формі еліптичного стану 2, 8, для якого головні осі x_1, y_1 розташовані під кутом 45° до осей x, y . Вібрація проходить від еліпса 2 до еліпсу 8 в кінці напівперіоду. Сигнал, який вимірюється п'єзоелектричними елементами на рівні цих осей, визначає, головним чином, кутову швидкість обертання. Зазвичай гіроскопи містять чотири п'єзоелектричних детектуючих елемента для підтримки вібрації зазначеного резонатора і чотири інших п'єзоелектричних елемента для вимірювання вібраційних сигналів резонатора. Ці вісім елементів найбільш часто рівномірно розподілені по резонатору (чотири на осях x, y і чотири на осях x_1, y_1).

Балансування резонатора коливань є найважливішою операцією регулювання приладу, від якої багато в чому залежить його точність. При статичному балансуванні процедура видалення невірноваженої маси повинна бути такою, щоб центр мас резонатора лежав на осі симетрії з необхідною точністю. Динамічне балансування повинно бути проведено таким чином, щоб не порушити статичного балансування. Звідси випливає умова симетрії розташування видалення мас на кромці резонатора. Процедура включає два етапи: - визначення величин і кутових положень дефектів 4-ої форми; - видалення невірноваженої маси згідно балансувального процесу. Процес балансування резонатора починається виміром по 2-м осям різночастотності, різнодобротності, кутового положення осі коливання генеруючої стоячої хвилі щодо електродів збудження. Рівняння генеруючої стоячої хвилі щодо електродів збудження.

$$W(\varphi, t) = A \cos 2(\varphi \pm \varphi_0) \cos \omega t$$

де φ - окружний кут резонатора;

φ_0 - кут орієнтації хвилі щодо електродів збудження.

Для отримання даних параметрів вимірвальна система на резонансній частоті фіксує по вимірвальній осі:

- резонансну частоту F ;
- амплітуди пучности A_{ng} ;
- амплітуду вузла N ;
- квадратурну C ;
- синфазну складову вузла S ;
- добротність Q .

Дисбаланс усувається послідовним зняттям маси в 4-х точках щодо осі з меншою частотою (більшою масою) орієнтація яких щодо важкої осі обчислюється за формулою:

$$\varphi_0 = \pm 1/2 \arctg(N/Anr)$$

Знак φ_0 - залежить від фази сигналу вузла по відношенню до пучности ($0^\circ - 180^\circ$):
 - при 0° кут позиціонування знаходиться за годинниковою стрілкою щодо важкої осі;
 - при 180° кут позиціонування знаходиться проти годинниковою стрілкою щодо важкої осі.

Маса знімається точково в точках φ_0 , $\varphi_0 + 90^\circ$, $\varphi_0 + 180^\circ$, $\varphi_0 + 270^\circ$ (Рис.2).

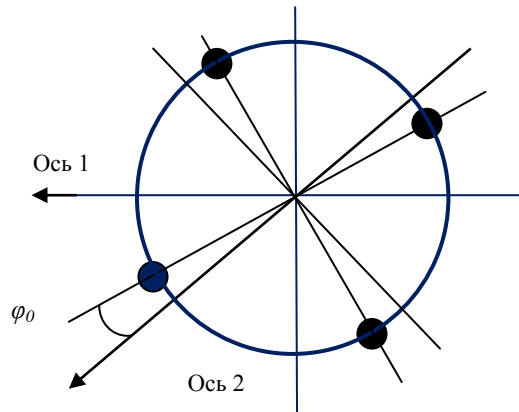


Рис.2. Місця зняття маси з кромки резонатора.

Після чого запускається цикл вимірювання параметрів резонатора по 2-м осям, здійснюється необхідна кількість проходів зняття мас і вимірювань, поки різночастотність між двома осями не стане $a < F$ Гц.

Величина маси Δm , яку необхідно видалити, визначається за формулою:

$$\Delta m = (\Delta f / F) M$$

де Δf - різночастотних, F - резонансна частота, M - модальна маса.

Для резонатора діаметром D mm висотою обода h mm і товщиною d mm модальна маса дорівнює:

$$M = \pi D d h \rho$$

Так як знімати масу необхідно з 4 точок симетрично розташованих по колу (через 90°), то з кожної точки знімається маса рівна $\Delta m / 4$

Масу вибірки визначається за формулою:

$$m = \rho \cdot S \cdot s \text{ рез,}$$

де ρ - щільність матеріалу резонатора мг / мм³;

S - площа перетину тіла вибірки, мм²;

s рез - товщина стінки резонатора, мм.

Основні технічні вказівки щодо виконання перевірки резонатора. Робоча схема балансування чутливого елемента (резонатор) наведена на Рис 3. Встановити резонансну частоту F_r на генераторі коливань. Встановити максимальне значення напруги по вольтметру 1 змінюючи частоти «Hz» на генераторі.

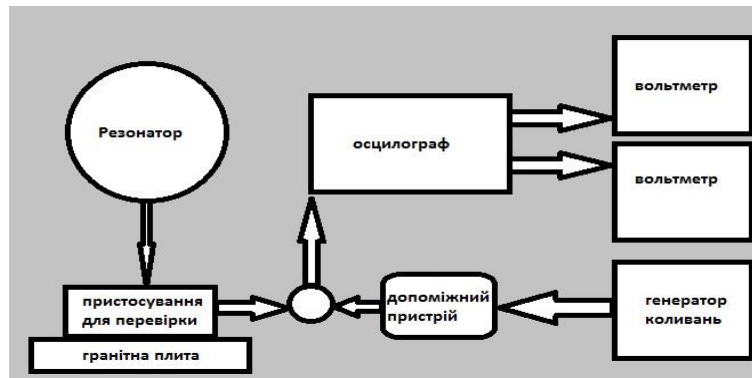


Рис 3. Схема балансування чутливого елемента

Значення резонансної частоти F_p , встановлене на генераторі та значення напруги по вольтметру 1 U_{oc} , значення напруги по вольтметру 2 U_{sin} дають змогу розрахувати кут орієнтації хвилі збудження по одному з каналів за формулою:

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctg \frac{U_{sin}}{U_{oc}}$$

Обчислюємо різночастотність ΔF_p за формулою:

$$\Delta F_p = |F_{pX} - F_{pY}|$$

Визначити значення добротності резонатора по каналу X, Y можливо за формулою:

$$Q_{X,Y} = F_{pX,Y} / (F_{2X,Y} - F_{1X,Y})$$

Висновки

Знаючи величину маси, яку необхідно видалити, з наведених вище розрахунків вибираємо діаметр фрези і відповідну глибину заглиблення фрези. Залишається відкритим питання контролю заглиблення фрези. Вирішити це питання можливо за допомогою додаткового кронштейну з встановленим мікрометром (ціна поділки 0,01 мм), який контролює величину заглиблення фрези при вибірці маси з кромки циліндричної поверхні резонатора. Даний метод, показав хорошу ефективність скорочення часу статичного балансування металевих циліндричних резонаторів.

Список використаної літератури

1. Шарапов, В. М. Пьезоэлектрические датчики / В. М. Шарапов, М. П. Мусиенко, Е. В. Шарпова – М. : Техносфера, 2006. – 628 с.
2. Сущенко, О. А. Обзор современного состояния микроэлектромеханических датчиков угловой скорости и тенденции их развития / О. А. Сущенко, С. В. Карасёв // Электроника та системи управління. – 2011. – №1(27). – С. 103–108.
3. Левицкий, А. А. Численное моделирование пьезоэлектрического вибрационного гироскопа / А. А. Левицкий, П. С. Маринушкин // Датчики и системы. – 2009. – № 9. – С. 11–14.
4. Брозгуль, Л. И. Вибрационные гироскопы / Л. И. Брозгуль, Е. Л. Смирнов ; под ред. Б. А. Рябова. – М. : Машиностроение, 1970. – 215 с.
5. Барыкин, В. Малогабаритные пьезоэлектрические вибрационные гироскопы широкого применения [Электронный ресурс]: электрон. журн. / В. Барыкин, А. Калифатиди, В. Никифоров, А. Сафронов, Д. Шахворостов // Электроника. – Электрон. журн. – Москва : Техносфера, 2006. – №8.
6. Басараб, М. А. Математическое моделирование физических процессов в гироскопии / М. А. Басараб, В. Ф. Кравченко, В. А. Матвеев. – М. : Радиотехника, 2005 г. – 176 с.