



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **76420** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
G01H 13/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 05007	(72) Винахідник(и): Пузько Ігор Данилович (UA)
(22) Дата подання заявки: 23.04.2012	(73) Власник(и): СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.01.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.01.2013, Бюл.№ 1	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗОНАНСНОЇ ЧАСТОТИ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ

(57) Реферат:

Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують два режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної частоти, в першому і другому режимах вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, реєструють першу і другу частоти відповідно, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, в першому і другому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із першою і другою постійними швидкостями відповідно, першу частоту ω_1^+ реєструють при реалізації першого режиму при збільшенні частоти сигналу збуджувальної дії, реєструють перший і другий часові інтервали, перший часовий інтервал t_1^+ реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в першому режимі із першою швидкістю V_1^+ від початкового нульового значення частоти до моменту реєстрації першої частоти ω_1^+ . Другу частоту ω_2^- реєструють при реалізації другого режиму при зменшенні частоти сигналу збуджувальної дії із другою швидкістю V_2^- . Другий часовий інтервал t_2^\pm реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в другому режимі із другою швидкістю V_2^- від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- . Значення скорегованої резонансної частоти ω_0^* елемента конструкції визначають із співвідношення:

$$\omega_0^* = \frac{\omega_1^+ \left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_2^-}{t_1^+} \right]}{\left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_1^+}{t_1^+} \right]}$$

UA 76420 U

Корисна модель належить до області машинобудівної, авіаційної і ракетно-космічної техніки і може знайти застосування при проведенні випробувань на вібронадійність, віброміцність, вібростійкість і розробці нових технологій вібраційного типу.

Відомий спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким два рази діють на конструкцію збуджувальними коливаннями змінної частоти, при кожній дії вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції і фіксують частоти, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює $\pi/2$ [А. с. СССР № 1254310, МПК G01H 1/00, 1986].

Недоліком відомого способу є недостатня точність, що пояснюється неврахуванням інерційності процесу збудження резонансної системи в режимі розгортки частоти сигналу збудження.

За прототип вибрано спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують два режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної частоти, в першому і другому режимах вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, реєструють першу і другу частоти відповідно, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, в першому і другому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із першою і другою постійними швидкостями відповідно, першу частоту ω_1^+ реєструють при реалізації першого режиму при збільшенні частоти сигналу збуджувальної дії, реєструють перший і другий часові інтервали, перший часовий інтервал t_1^+ реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в першому режимі із першою швидкістю V_1^+ від початкового нульового значення частоти до моменту реєстрації першої частоти ω_1^+ [А. с. СССР № 1633294, МПК G01H 13/00, 1991].

Недоліком відомого способу є недостатня точність визначення резонансної частоти елемента конструкції, що пояснюється неврахуванням процесу устанавлення резонансного режиму елемента випробуваної конструкції і залежності степені інерційності при устанавленні резонансного режиму від величини швидкості зміни частоти сигналу збуджувальної дії, а також неврахування несиметричності резонансного піка.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу визначення резонансної частоти елементів конструкції шляхом формування нового алгоритму і проведення вимірювань за рахунок реєстрації значень першої і другої частот, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, причому першу частоту ω_1^+ реєструють при реалізації режиму збільшення частоти сигналу збуджувальної дії, а другу частоту ω_2^- реєструють при реалізації режиму зменшення частоти сигналу збуджувальної дії, реєструють також перший і другий часові інтервали - перший часовий інтервал t_1^+ дорівнює величині при зміні частоти сигналу збуджувальної дії від початкового значення до значення першої частоти ω_1^+ , а другий часовий інтервал t_1^\pm дорівнює величині від значення першої частоти ω_1^+ до значення реєстрації другої частоти ω_2^- . Такий алгоритм приводить до збільшення точності визначення резонансної частоти елемента випробуваної конструкції і розширення області застосування за рахунок реалізації можливості визначення резонансних частот елементів конструкції, що розташовані в середній частині діапазону частот амплітудно-частотної характеристики застосованого вібростенда електродинамічного типу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують два режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної частоти, в першому і другому режимах вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, реєструють першу і другу частоти відповідно, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, в першому і другому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із першою і другою постійними швидкостями відповідно, першу частоту ω_1^+ реєструють при реалізації першого режиму при збільшенні частоти сигналу збуджувальної дії, реєструють перший і другий часові інтервали, перший часовий інтервал t_1^+ реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в першому режимі із першою швидкістю V_1^+ від початкового нульового значення частоти до моменту реєстрації першої частоти ω_1^+ , згідно корисної моделі, другу частоту ω_2^- реєструють при реалізації другого режиму при зменшенні частоти сигналу збуджувальної дії із другою швидкістю V_2^- , притому другий часовий інтервал t_2^\pm реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в другому режимі із другою швидкістю V_2^- від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- , а значення скорегованої резонансної частоти ω_0 елемента конструкції визначають із співвідношення:

$$\omega_0^* = \frac{\omega_1^+ \left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_2^-}{t_1^+} \right]}{\left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_1^+}{t_1^+} \right]}.$$

Застосування запропонованого способу визначення резонансної частоти елементів конструкції разом із усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, забезпечує підвищення точності визначення резонансної частоти і розширює функціональні можливості за рахунок проведення нових технологічних операцій по реєстрації другого часового інтервалу t_2^\pm при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в бік зменшення із другою швидкістю V_2^- від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- , на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, що і дає підставу для формування нового алгоритму.

Розробка нового алгоритму визначення резонансної частоти елемента конструкції базується на наступних аналітичних перетвореннях.

Відомо, що зміщення S максимуму резонансного піка відносно резонансної частоти ω_0 при швидкості V розгортки частоти ω сигналу збуджувальної дії визначають із співвідношення [Харкевич А.А. Спектры и анализ. - М., 1962. - С. 142-144].

$$S = 2 \frac{4V}{\omega_0^2} Q^2, \quad (1)$$

де: Q - добротність елемента конструкції, параметри якого визначають.
Відомо також, що величину S визначають по співвідношенню

$$S = \frac{2Q(\omega - \omega_0)}{\omega_0}, \quad (2)$$

де: ω - поточна частота розгортки.
Із (1), (2) отримаємо наступні рівняння

$$\omega_1^+ = \omega_0 + \frac{4Q}{\omega_0} V_1^+ \text{ при } \text{sign} V_1^+ = 1, \quad (3)$$

$$\omega_2^- = \omega_0 - \frac{4Q}{\omega_0} V_2^- \text{ при } \text{sign} V_2^- = 1, \quad (4)$$

де: V_1^+ - швидкість зміни частоти в бік збільшення;
 V_2^- - швидкість зміни частоти в бік зменшення.
Із (3), (4) отримаємо вираз для визначення резонансної частоти ω_0

$$\omega_0 = \frac{(\omega_1^+ V_2^- + \omega_2^- V_1^+)}{(V_2^- + V_1^+)}, \quad (5)$$

В той же час рівняння (3), (4), а також вираз (5) отримані без урахування інерційності установлення резонансного режиму і залежності величини інерційності від швидкості розгортки частоти сигналу збуджувальної дії.

При урахуванні наявності процесу інерційності установлення резонансного режиму і реєстрації значень частот ω_1^+ , ω_2^- і значень відповідних часових інтервалів t_1^+ , t_2^\pm значення середніх швидкостей V_{1cp}^+ , V_{2cp}^- розгортки частоти сигналу збуджувальної дії визначимо із співвідношень:

$$V_{1cp}^+ = \frac{\omega_1^+}{t_1^+},$$

$$V_{2cp}^- = \frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm},$$
(6)

При урахуванні (5), (6) аналітичне співвідношення для визначення скорегованої резонансної частоти ω_0^* елемента випробуваної конструкції приймає вигляд

$$\omega_0^* = \frac{\omega_1^+ \left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_2^-}{t_1^+} \right]}{\left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_1^+}{t_1^+} \right]},$$
(7)

5

Таким чином, для визначення скорегованої резонансної частоти ω_0^* при урахуванні наявності інерційності при установленні резонансних режимів елемента випробуваної конструкції, як слідує із (7), необхідно провести реєстрацію частот ω_1^+ , ω_2^- , на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, і відповідних часових інтервалів t_1^+ , t_2^\pm при реалізації першого і другого режимів розгортки частоти сигналу збуджувальної дії із швидкостями V_1^+ , V_2^- .

10

Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції реалізують на підставі наступного алгоритму:

15

1) формують перший режим розгортки частоти сигналу збуджувальної дії із першою швидкістю V_1^+ зміни частоти в бік збільшення частоти;

2) в першому режимі розгортки частоти фіксують і реєструють першу частоту ω_1^+ і перший часовий інтервал t_1^+ зміни частоти від нульового значення до значення першої частоти ω_1^+ , на якій різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$;

20

3) формують другий режим розгортки частоти сигналу збуджувальної дії із другою швидкістю V_2^- зміни частоти в бік зменшення частоти;

4) в другому режимі розгортки частоти фіксують і реєструють другу частоту ω_2^- і другий часовий інтервал t_2^\pm зміни частоти від значення ω_1^+ до значення ω_2^- , на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$;

25

5) визначають першу і другу середні швидкості V_{1cp}^+ , V_{2cp}^- розгортки частоти сигналу збуджувальної дії, тим самим ураховують наявність процесу інерційності при реєстрації частот ω_1^+ , ω_2^- :

$$V_{1cp}^+ = \frac{\omega_1^+}{t_1^+},$$

$$V_{2cp}^- = \frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm};$$

30

6) визначають значення скорегованої резонансної частоти ω_0^* елемента конструкції при урахуванні наявності умови інерційності по співвідношенню

$$\omega_0^* = \frac{\omega_1^+ \left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_2^-}{t_1^+} \right]}{\left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_1^+}{t_1^+} \right]}.$$

Спосіб визначення скорегованої резонансної частоти ω_0^* елемента конструкції реалізують наступним чином.

35

1) Установлюють випробуваний об'єкт (конструкцію) на рухомій платформі вібростенду електродинамічного типу.

2) Реалізують перший режим розгортки частоти сигналу збуджувальної дії із першою швидкістю V_1^+ в бік збільшення частоти.

3) Реєструють значення першої частоти ω_1^+ і перший часовий інтервал t_1^+ , який відповідає зміні частоти сигналу збуджувальної дії від нульового значення до значення першої частоти ω_1^+ , на якій різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$.

5 4) Реалізують другий режим розгортки частоти сигналу збуджувальної дії із другою швидкістю V_2^- в бік зменшення частоти.

5) Реєструють значення другої частоти ω_2^- і другий часовий інтервал t_2^\pm , який відповідає зміні частоти сигналу збуджувальної дії від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- , на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$.

10 6) За допомогою обчислювально-вимірального комплексу (комп'ютерної системи) проводять обробку зареєстрованого інформаційного масиву сигналів ω_1^+ , ω_2^- , t_1^+ , t_2^\pm і на підставі отриманого нового аналітичного співвідношення визначають скореговану резонансну частоту ω_0 елемента конструкції.

15 Таким чином, для визначення скорегованої резонансної частоти щ при урахуванні умови наявності інерційності при установленні резонансних режимів елемента випробуваної конструкції, а також урахуванні несиметричності резонансного піка, як слідує із (9), необхідно реалізувати два режими розгортки частоти сигналу збуджувальної дії - один режим в бік збільшення частоти, а другий режим в бік зменшення частоти, провести реєстрацію резонансних частот ω_1^+ , ω_2^- динамічних резонансних піків, що відповідають першому і другому режимам розгортки частоти, перший режим реалізувати із швидкістю V_1^+ розгортки, другий режим - із швидкістю V_2^- розгортки, зафіксувати перший часовий інтервал t_1^+ при зміні частоти від нульового значення частоти до значення першої частоти ω_1^+ із швидкістю V_1^+ , зафіксувати другий часовий інтервал t_2^\pm при зміні частоти від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- зі швидкістю V_2^- .

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30 Спосіб визначення резонансної частоти елементів конструкції, за яким формують два режими дії на конструкцію збуджувальними коливаннями сигналу змінної частоти, в першому і другому режимах вимірюють різницю фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції, реєструють першу і другу частоти відповідно, на яких різниця фаз між збуджувальними коливаннями і коливаннями елемента конструкції дорівнює величині $\pi/2$, в першому і другому режимах частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із першою і другою постійними швидкостями відповідно, першу частоту ω_1^+ реєструють при реалізації першого режиму при збільшенні частоти сигналу збуджувальної дії, реєструють перший і другий часові інтервали, перший часовий інтервал t_1^+ реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в першому режимі із першою швидкістю V_1^+ від початкового нульового значення частоти до моменту реєстрації першої частоти ω_1^+ , який **відрізняється** тим, що другу частоту ω_2^- реєструють при реалізації другого режиму при зменшенні частоти сигналу збуджувальної дії із другою швидкістю V_2^- , притому другий часовий інтервал t_2^\pm реєструють при зміні частоти сигналу збуджувальної дії в другому режимі із другою швидкістю V_2^- від значення першої частоти ω_1^+ до значення другої частоти ω_2^- , а значення скорегованої резонансної частоти ω_0^* елемента конструкції визначають із співвідношення:

$$45 \quad \omega_0^* = \frac{\omega_1^+ \left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_2^-}{t_1^+} \right]}{\left[\frac{(\omega_1^+ - \omega_2^-)}{t_2^\pm} + \frac{\omega_1^+}{t_1^+} \right]}$$