

SUMMARY

The method "the time of sound's impulse measurement" is developed. Analytical dependences are got, which establish communication between high-speed and precision measurement with time-impulse transformation parameters. It is established, that realization of the proposed measuring method will make it possible to get a gain in high-speed comparing with frequency-impulse method.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серавин Г.Н. Измерение скорости звука в океане. - Л.: Гидрометеиздат, 1979, 134 с.
2. Бражников Н.Н. Ультразвуковые методы измерения физико-химических свойств веществ. - М. - Л.: Энергия, 1985, 244 с.
3. Куликовский К.Л. Методы и средства измерений. - М.: Энергоатомиздат, 1986, 448 с.

Поступила в редколлегию 30 ноября 1994г.

УДК 681.51

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЗОНАНСНЫХ ПИКОВ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Пузько И.Д., канд. техн. наук

1. Введение

Известные методы идентификации колебательных систем основаны на использовании информации при наблюдении статических резонансных характеристик. Однако такие подходы предполагают использование и обработку больших объемов информации, а затем большие затраты машинного времени для реализации алгоритмов идентификации.

Сокращение объемов вычислительных операций и упрощение алгоритмов идентификации может быть достигнуто за счет использования информации при реализации динамических режимов развертки частоты задающих воздействий по диапазону и регистрации динамических резонансных пиков амплитудно-частотных характеристик.

2. Постановка задачи

В связи с изложенным в п.1 представим некоторые теоретические аспекты корреляционной связи параметров статических и динамических резонансных пиков унимодальных систем. Приведем и докажем утверждение и аналитические соотношения, определяющие смещение по частоте и величине максимума динамического резонансного пика в зависимости от ширины полосы пропускания на уровне половинной мощности статического резонансного пика.

3. Основные результаты

Основные результаты, соответствующие постановке задачи, могут быть получены на основании следующего утверждения.

Утверждение. Для класса унимодальных систем, передаточная функция (ПФ) $k(x)$ которых с точностью до постоянного множителя описывается выражением

$$k(x) = (I + jx)^{-1}, \quad (1)$$

где $x = 2\Delta f Q f_0^{-1}$ - обобщенная расстройка; $2\Delta f = 2(f - f_0)$ - ширина частотной зоны; f_0 - резонансная частота; Q - добротность колебательной системы, в первом приближении справедливы соотношения:

$$1) \Delta_{ijf} \hat{\Delta}_{\omega f} = \alpha_f V_j, \quad (2)$$

где $\hat{\Delta}_{ijf}$ - смещение максимума i -го резонансного пика ПФ в динамическом режиме развертки частоты со скоростью V_j ; $\hat{\Delta}_{\omega f}$ - ширина полосы пропускания i -го резонансного пика на уровне 0,7 от максимального значения $k(x)$; α_f - коэффициент пропорциональности.

Доказательство. Смещение максимума x_{ia} i -го резонансного пика $x_i(f)$ в динамическом режиме развертки частоты f с постоянной скоростью V_j относительно максимума статического i -го резонансного пика равно [1]

$$x_i(V_j) = 2\mu_i(V_j), \quad (3)$$

где параметр $\mu_i(V_j)$ определяется выражением [1]:

$$\mu_i(V_j) = V_j Q_i^2 (\pi f_{oi})^{-2}, \quad (4)$$

а обобщенная расстройка равна

$$x_i(V_j) = \frac{2(f_j - f_{oi})}{f_{oi}} Q_i. \quad (5)$$

Из (3), (4), (5) следует, что

$$f_j - f_{oi} = V_j Q_i (\pi^2 f_{oi})^{-1} \quad (6)$$

Принимая во внимание, что

$$2\Delta_{oif} Q_i f_{oi}^{-1} = 1 \quad (7)$$

или

$$2\Delta_{oif} = f_{oi} Q_i^{-1}, \quad (8)$$

где $2\Delta_{oif}$ - ширина полосы пропускания статического резонансного пика на уровне 0,7 максимального значения $k(x)$, из (6) при учете (8) получим

$$f_j - f_{oi} = V_j (\pi^2 2\Delta_{oif})^{-1} \quad (9)$$

или

$$\Delta_{ijf} \hat{\Delta}_{oif} = \alpha_f V_j, \quad (10)$$

где $\hat{\Delta}_{oif} = 2\Delta_{oif}$, $\Delta_{ijf} = f_j - f_{oi}$; $\alpha_f = \pi^{-2}$,

что и завершает доказательство (2).

$$2) \Delta_{ijY} (\hat{\Delta}_{oif})^4 = \alpha_y V_j^2, \quad (11)$$

где Δ_{ijY} - изменение высоты максимума Y_{oi} i -го резонансного пика в динамическом режиме развертки частоты f со скоростью V_j .

Доказательство. Изменение высоты Y_{oi} максимума в динамическом режиме развертки частоты f со скоростью V_j имеет второй порядок малости относительно параметра μ_i [1]:

$$\Delta_i Y = Y - Y_{oi} = \mu_i^2 \quad (12)$$

или

$$\Delta_i Y = \left(4V Q_i^2 \omega_{oi}^{-2} \right)^2 = [V \pi^{-2} (2\Delta_{oif})^2]^2. \quad (13)$$

При $V = V_j$ из (13) следует

$$\Delta_{ijY} (\hat{\Delta}_{oif})^4 = \alpha_y V_j^2, \quad (14)$$

где $\alpha_y = \pi^{-2}$, что завершает доказательство (11).

Следствие 1. Из (2) следует, что:

а) при выполнении условия

$$\hat{\Delta}_{oif} = const \quad (15)$$

справедливо соотношение

$$\Delta_{ijf} = \alpha'_f V_j, \quad \alpha'_f = \alpha_f (\hat{\Delta}_{oif})^{-1}; \quad (16)$$

б) при выполнении условия

$$\Delta_{ijf} = const \quad (17)$$

справедливо соотношение

$$\hat{\Delta}_{oif} = \hat{\alpha}_f V_j, \quad \hat{\alpha}_f = \alpha_f (\Delta_{ijf})^{-1}; \quad (18)$$

в) при выполнении условия

$$V_j = const \quad (19)$$

справедливо соотношение

$$\Delta_{ijf} \hat{\Delta}_{oif} = \alpha''_f = const, \quad \alpha''_f = \alpha_f V_j \quad (20)$$

$$\text{или} \quad \hat{\Delta}_{oif} = \alpha_f'' \Delta_{ij}^{-1} f, \quad (21)$$

т.е. ширина полосы пропускания статического резонансного пика при постоянной скорости V_j развертки частоты обратно пропорциональна смещению динамического резонансного пика относительно статического или смещение динамического резонансного пика относительно статического при постоянной скорости V_j развертки частоты обратно пропорционально ширине пропускания статического резонансного пика.

Следствие 2. Из (11) следует, что:

а) при выполнении условия

$$\hat{\Delta}_{oif} = \text{const} \quad (22)$$

справедливо соотношение

$$\Delta_{ij} Y = \hat{\alpha}_y V_j^2, \quad \hat{\alpha}_y = \alpha_y (\hat{\Delta}_{oif})^{-4}; \quad (23)$$

б) при выполнении условия

$$\Delta_{ij} Y = \text{const} \quad (24)$$

справедливо соотношение

$$\Delta_{oif}^4 = \tilde{\alpha}_y V_j^2, \quad \tilde{\alpha}_y = \alpha_y \Delta_{ij} Y \quad (25)$$

или

$$\Delta_{oif} = \alpha_y^* V_j^{1/2}, \quad \alpha_y^* = \tilde{\alpha}_y^{1/4}; \quad (26)$$

в) при выполнении условия

$$V_j = \text{const} \quad (27)$$

справедливо соотношение

$$\Delta_{ij} Y (\hat{\Delta}_{oif})^4 = \bar{\alpha}_y, \quad \bar{\alpha}_y = \alpha_y V_j^2 \quad (28)$$

или

$$\hat{\Delta}_{oif} = \bar{\alpha}_y^* (\Delta_{ij} Y)^{-4}, \quad \bar{\alpha}_y^* = \bar{\alpha}_y^{1/4}, \quad (29)$$

т.е. ширина полосы пропускания статического резонансного пика при постоянной скорости V_j развертки частоты обратно пропорциональна четвертой степени изменения высоты максимума или изменение высоты максимума статического резонансного пика при постоянной скорости V_j развертки частоты обратно пропорционально корню четвертой степени из значения ширины полосы пропускания статического резонансного пика.

Следствие 3. Из (2) следует:

$$\Delta_{oif} \Delta_{ij} f = \alpha_f V_j; \quad (30)$$

$$\Delta_{oif} \Delta_{ik} f = \alpha_f V_k; \quad (31)$$

$$\Delta_{oif} \Delta_{im} f = \alpha_f V_m. \quad (32)$$

При выполнении (30), (31), (32) получим:

$$\Delta_{ij} f \Delta_{ik}^{-1} f = V_j V_k^{-1}; \quad (33)$$

$$\Delta_{ij} f \Delta_{im}^{-1} f = V_j V_m^{-1}; \quad (34)$$

$$\Delta_{ik} f \Delta_{im}^{-1} f = V_k V_m^{-1}. \quad (35)$$

Из (33)-(35) следует соотношение

$$\frac{\Delta_{ij} V_j^{-1}}{\Delta_{ik} V_k^{-1}} = \frac{\Delta_{ij} V_j^{-1}}{\Delta_{im} V_m^{-1}} = \frac{\Delta_{ik} V_k^{-1}}{\Delta_{im} V_m^{-1}} = 1. \quad (36)$$

Приведенные соотношения устанавливают аналитические зависимости между параметрами резонансных пиков статических и динамических амплитудно-частотных характеристик, что может найти применение для решения задач вибротехнологии, вибродиагностики, виброиспытаний и виброзащиты.

SUMMARY

There have been given some statements and relationships, characterizing the correlation between the parameters of static and dynamic resonance types. In particular, there has been obtained the correlation between the peak shifts; the change of the resonance type peak height and the width of the static resonance type transmission band.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харькович А.А. Спектры и анализ. - М.: Физматгиз. - 1962. - 236с.

Поступила в редколлегию 7 июня 1995г.