



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56369 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01H 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕЛІНІЙНОЇ ДИСИПАТИВНОЇ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) u201008343

(22) 05.07.2010

(24) 10.01.2011

(46) 10.01.2011, Бюл.№ 1, 2011 р.

(72) ПУЗЬКО ІГОР ДАНИЛОВИЧ

(73) СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи, за яким формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливальної системи, в першому і другому режимах задають перше початкове і перше кінцеве, друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди коливань відповідно, вимірюють перший і другий часові інтервали і числа циклів коливань в першому і другому часових інтервалах відповідно, перший раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення, який відрізняється тим, що шість ре-

жимів коливань формують як режими вимушених коливань, в кожному із шести режимів коливань фіксують значення нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають змінам амплітуд вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення в першому, третьому і п'ятому режимах, від другого початкового до другого кінцевого значення в другому, четвертому і шостому режимах, причому зміну частоти сигналу вимушеної дії проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями для першого, другого, третього, четвертого, п'ятого, шостого режимів відповідно, а значення частот ω_{0s} вільних коливань лінійної породжувальної системи, інерційно-жорсткісних параметрів m_s , c_s по S-ій нормальній координаті визначають на підставі співвідношень:

$$m_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2}}{\left(\frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2}}{\Delta_1 m} \right) - \left(\frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2}}{\Delta_2 m} \right)},$$

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} m_s (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m}$$

або

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} m_s (m_s + \Delta_2 m)}{\Delta_2 m},$$

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m} = (\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_1 m} \right)$$

або

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} (m_s + \Delta_2 m)}{\Delta_2 m} = (\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2)^{-2} \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_2 m} \right),$$

де :

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp4} \Delta_4 t] - \Delta_4 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)} \quad \text{або}$$

U
(13)

56369
(11)

UA
(19)

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)},$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp4}\Delta_4 t] - \Delta_2 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp3}\Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)} \text{ або}$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4}\Delta_4 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3}\Delta_3 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)},$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)} \text{ або}$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4}\Delta_4 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3}\Delta_3 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)},$$

$$\omega_{1s} = \sqrt{c_s m_s^{-1} - h_s^2}, \quad \bar{\omega}_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_1 m)^{-1} - h_s^2},$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_2 m)^{-1} - h_s^2},$$

$\Delta_1 m, \Delta_2 m (\Delta_1 m \neq \Delta_2 m, \Delta_1 m \ll m_s, \Delta_2 m \ll m_s)$ - перша і друга додаткові маси відповідно; n_1 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_1 t$ при зміні частоти вимушених коливань із першою постійною швидкістю V_1 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси m_s ; n_2 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_2 t$ при зміні частоти вимушених коливань із другою постійною швидкістю V_2 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси m_s ; n_3 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_3 t$ при зміні частоти вимушених коливань із третьою постійною швидкістю V_3 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності коливальної системи; n_4 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_4 t$ при зміні частоти вимушених коливань із четвертою постійною швидкістю V_4 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності; n_5 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_5 t$ при зміні частоти

вимушених коливань із п'ятою постійною швидкістю V_5 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; n_6 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_6 t$ при зміні частоти вимушених коливань із шостою постійною швидкістю V_6 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; $\omega_{cp1}, \omega_{cp2}, \omega_{cp3}, \omega_{cp4}, \omega_{cp5}, \omega_{cp6}$ - середні частоти діапазонів частот, що відповідають часовим інтервалам $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t$, відповідно і визначаються співвідношеннями:

$$\omega_{cp1} = \frac{\omega_{B1} + \omega_{H1}}{2}; \quad \omega_{cp2} = \frac{\omega_{B2} + \omega_{H2}}{2};$$

$$\omega_{cp3} = \frac{\omega_{B3} + \omega_{H3}}{2}; \quad \omega_{cp4} = \frac{\omega_{B4} + \omega_{H4}}{2};$$

$$\omega_{cp5} = \frac{\omega_{B5} + \omega_{H5}}{2}; \quad \omega_{cp6} = \frac{\omega_{B6} + \omega_{H6}}{2},$$

де: $\omega_{B1}, \omega_{B3}, \omega_{B5}, \omega_{H1}, \omega_{H3}, \omega_{H5}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$; $\omega_{B2}, \omega_{B4}, \omega_{B6}, \omega_{H2}, \omega_{H4}, \omega_{H6}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$.

Корисна модель відноситься до області машинобудівної, авіаційної і ракетно-космічної техніки, а саме, до способів визначення інерційно-

жорсткісних і дисипативних параметрів нелінійних коливальних систем із кінцевим числом ступенів вільності і може знайти застосування для визна-

чення моментів інерції механічних коливальних систем при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

Відомий спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи, за яким формують два режими вимушених коливань коливальної системи, в кожному режимі задають початкове і кінцеве значення амплітуди коливань нелінійної дисипативної коливальної системи, вимірюють перший і другий часові інтервали і число циклів коливань в першому і другому часових інтервалах при зміні амплітуди коливань в кожному часовому інтервалі від початкового до кінцевого значення, в першому режимі вимушених коливань нелінійної коливальної системи, частоту сигналу збуджувальної дії змінюють із постійною швидкістю V_1 , в другому - із постійною швидкістю V_2 , в режимах вимушених коливань початкові значення амплітуд коливань задають однаковими і кінцеві значення амплітуд коливань задають однаковими, вимір першого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому інтервалі проводять при зміні частоти сигналу вимушеної дії із першою постійною швидкістю V_1 , вимір другого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому часовому інтервалі проводять при зміні частоти сигналу вимушеної дії із другою постійною швидкістю V_2 ($V_2 \neq V_1$, $V_2 < V_1$ або $V_2 > V_1$), а визначення параметра ω_0 проводять із співвідношення:

$$\omega_0 = \frac{2\pi(n_1 - n_2) + \frac{1}{2}(V_1\Delta_1^2 t - V_2\Delta_2^2 t)}{(\Delta_1 t - \Delta_2 t)}$$

де: ω_0 - частота вільних коливань лінійної породжу вальної системи;

$\Delta_1 t$, $\Delta_2 t$ - перший і другий часові інтервали відповідно;

n_1, n_2 - числа циклів в першому і другому часових інтервалах відповідно

(Патент України на корисну модель №41550, МПК G01H11/00, 2009).

Недолік відомого способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи при умові застосування джерела енергії, що має обмежену потужність, є можливість визначення параметрів слабо дисипативної нелінійної коливальної системи і неможливість визначення параметрів сильно дисипативної нелінійної коливальної системи при умові застосування джерела енергії, що має обмежену потужність.

За прототип вибрано спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи, за яким задають перше початкове і перше кінцеве значення амплітуди затухаючих коливань нелінійної дисипативної коливальної системи,

проводять вимір першого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому інтервалі при зміні амплітуди затухаючих коливань від першого початкового до першого кінцевого значення, далі задають друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди затухаючих коливань, проводять вимір другого часового інтервалу і число циклів коливань в цьому часовому інтервалі при зміні амплітуди затухаючих коливань від другого початкового до другого кінцевого значення, потім один раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від її першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, додатково другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від її першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, при цьому частоти вільних коливань лінійної дисипативної породжувальної системи і вільних коливань лінійної консервативної породжувальної системи " ω_1 " та " ω_0 " а також масу "m" коливальної системи, коефіцієнт "C" жорсткості, коефіцієнт "h" демпфування, коефіцієнт "b" опору визначають із співвідношень відповідно:

$$\omega_1 = 2\pi \frac{[\Delta_3 t(n_2 - n_4) - \Delta_4 t(n_1 - n_3)]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)},$$

$$m = \frac{2\Delta_1 m \Delta_2 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right)}{\left[\Delta_2 m \left(\omega_1^2 - \frac{-2}{\omega_1} \right) - \Delta_1 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right) \right]},$$

$$C = \frac{m^2}{\Delta_1 m} \left[\omega_1^2 \left(1 + \frac{\Delta_1 m}{m} \right)^2 - \omega_1^2 \right],$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{m}} = \sqrt{\frac{m}{\Delta_1 m} \left[\omega_1^2 \left(1 + \frac{\Delta_1 m}{m} \right)^2 - \omega_1^2 \right]},$$

$$h = \sqrt{\omega_0^2 - \omega_1^2} = \sqrt{\frac{m}{\Delta_1 m} \left[\omega_1^2 \left(1 + \frac{\Delta_1 m}{m} \right)^2 - \omega_1^2 \right]}$$

$$b = 2mh = \frac{4\Delta_1 m \Delta_2 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right)}{\left[\Delta_2 m \left(\omega_1^2 - \frac{-2}{\omega_1} \right) - \Delta_1 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right) \right]} \times \sqrt{\frac{2\Delta_2 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right) \left[\omega_1^2 \left(1 + \frac{\Delta_1 m}{m} \right)^2 - 2\omega_1^2 \right]}{\left[\Delta_2 m \left(\omega_1^2 - \frac{-2}{\omega_1} \right) - \Delta_1 m \left(\frac{-2}{\omega_1} - \frac{=2}{\omega_1} \right) \right]}}$$

$$\text{де } \omega_1 = \sqrt{cm^{-1} - h^2}, \quad \bar{\omega}_1 = \sqrt{c(m + \Delta_1 m)^{-1} - h^2}, \\ \underline{\omega}_1 = \sqrt{c(m + \Delta_2 m)^{-1} - h^2},$$

$\Delta_1 m, \Delta_2 m, (\Delta_1 m \neq \Delta_2 m, \Delta_1 m \ll m, \Delta_2 m \neq \Delta_1 m)$ - перша і друга додаткові маси; n_1, n_2 - числа циклів затухаючих коливань маси "m" при зміні амплітуди затухаючих коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$, від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ відповідно;

$\Delta_1 t, \Delta_2 t$ - часові інтервали, що відповідають числам циклів n_1, n_2 ;

n_3, n_4 - числа циклів затухаючих коливань маси $(m + \Delta_1 m)$ при зміні амплітуди затухаючих коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$, від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ відповідно;

$\Delta_3 t, \Delta_4 t$ - часові інтервали, що відповідають числам n_3, n_4 циклів(періодів) коливань;

n_5, n_6 - числа циклів (періодів) затухаючих коливань маси $(m + \Delta_2 m)$ при зміні амплітуди затухаючих коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$, від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ відповідно;

$\Delta_5 t, \Delta_6 t$ - часові інтервали, що відповідають числам n_5, n_6 циклів коливань (Патент України на корисну модель №45033, МПК G01H11/00, 2009).

Недолік відомого способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи є можливість визначення параметрів сильно дисипативної нелінійної коливальної системи при застосуванні ідеального джерела енергії і неможливість визначення параметрів сильно дисипативної нелінійної коливальної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

В основу корисної моделі поставлене завдання удосконалення способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи шляхом визначення параметрів нелінійної сильно дисипативної коливальної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності за рахунок формування нового алгоритму на підставі отриманих нових аналітичних співвідношень, що і розширює функціональні можливості способу і область його використання.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі визначення параметрів нелінійної дисипа-

тивної коливальної системи, за яким формують шість режимів коливань нелінійної дисипативної коливальної системи, в першому і другому режимах задають перше початкове і перше кінцеве, друге початкове і друге кінцеве значення амплітуди коливань відповідно, вимірюють перший і другий часові інтервали і числа циклів коливань в першому і другому часових інтервалах відповідно, перший раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню третього і четвертого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення відповідно, другий раз змінюють інерційність нелінійної дисипативної коливальної системи і проводять вищевказану сукупність операцій по визначенню п'ятого і шостого часових інтервалів і чисел циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, від другого початкового значення до другого кінцевого значення, згідно з корисною моделлю, шість режимів коливань формують, як режими вимушених коливань, в кожному із шести режимів коливань фіксують значення нижніх і верхніх частот діапазонів частот, що відповідають змінам амплітуд вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення в першому, третьому і п'ятому режимах, від другого початкового до другого кінцевого значення в другому, четвертому і шостому режимах, причому зміну частоти сигналу вимушеної дії проводять із першою, другою, третьою, четвертою, п'ятою і шостою швидкостями для першого, другого, третього, четвертого, п'ятого, шостого режимів відповідно, а значення частот ω_{0s} вільних коливань лінійної породжувальної системи, інерційно-жорсткісних параметрів m_s, c_s по S-ій нормальній координаті визначають на підставі співвідношень:

$$m_s = \frac{(\omega_{1s}^{-2} - \omega_{1s}^2)}{\left(\frac{\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2}{\Delta_1 m} \right) - \left(\frac{\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2}{\Delta_2 m} \right)};$$

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2) m_s (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m}$$

або

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^2) m_s (m_s + \Delta_2 m)}{\Delta_2 m};$$

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^{-2})(m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m} = (\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^{-2}) \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_1 m} \right)$$

або

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^{-2})(m_s + \Delta_2 m)}{\Delta_2 m} = (\omega_{1s}^2 - \omega_{1s}^{-2}) \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_2 m} \right)$$

де:

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp4}\Delta_4 t] - \Delta_4 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp3}\Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)} \quad \text{або}$$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)},$$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp4}\Delta_4 t] - \Delta_2 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp3}\Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)} \quad \text{або}$$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4}\Delta_4 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3}\Delta_3 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)},$$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2}\Delta_2 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1}\Delta_1 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)} \quad \text{або}$$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4}\Delta_4 t - \omega_{cp6}\Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3}\Delta_3 t - \omega_{cp5}\Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)},$$

$$\omega_{1s} = \sqrt{c_s m_s^{-1} - h_s^2},$$

$$\omega_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_1 m)^{-1} - h_s^{-2}},$$

$$\omega_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_2 m)^{-1} - h_s^{-2}},$$

$\Delta_1 m, \Delta_2 m (\Delta_1 m \neq \Delta_2 m, \Delta_1 m \ll m_s, \Delta_2 m \ll m_s)$ - перша і друга додаткові маси відповідно; n_1 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_1 t$ при зміні частоти вимушених коливань із першою постійною швидкістю V_1 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси m_s ; n_2 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_2 t$ при зміні частоти вимушених коливань із другою постійною швидкістю V_2 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси m_s ; n_3 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_3 t$ при зміні частоти вимушених коливань із третьою постійною швидкістю V_3 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності колива-

льної системи; n_4 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_4 t$ при зміні частоти вимушених коливань із четвертою постійною швидкістю V_4 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ і до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності; n_5 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_5 t$ при зміні частоти вимушених коливань із п'ятою постійною швидкістю V_5 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; n_6 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_6 t$ при зміні частоти вимушених коливань із шостою постійною швидкістю V_6 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; $\omega_{cp1}, \omega_{cp2}, \omega_{cp3}, \omega_{cp4}, \omega_{cp5}, \omega_{cp6}$ - середні частоти діапазонів частот, що відповідають часовим інтервалам $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t$, відповідно і визначаються співвідношеннями:

$$\omega_{cp1} = \frac{\omega_{B1} + \omega_{H1}}{2}; \quad \omega_{cp2} = \frac{\omega_{B2} + \omega_{H2}}{2};$$

$$\omega_{cp3} = \frac{\omega_{B3} + \omega_{H3}}{2}; \quad \omega_{cp4} = \frac{\omega_{B4} + \omega_{H4}}{2};$$

$$\omega_{cp5} = \frac{\omega_{B5} + \omega_{H5}}{2}; \quad \omega_{cp6} = \frac{\omega_{B6} + \omega_{H6}}{2},$$

де: $\omega_{B1}, \omega_{B3}, \omega_{B5}, \omega_{H1}, \omega_{H3}, \omega_{H5}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$; $\omega_{B2}, \omega_{B4}, \omega_{B6}, \omega_{H2}, \omega_{H4}, \omega_{H6}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$.

Застосування запропонованого способу визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, забезпечує можливість визначення інерційно-жорсткісних параметрів шляхом формування нового алгоритму проведення операцій по проведенню вимірювань в режимах вимушених коливань, що забезпечує розширення функціональних можливостей за рахунок визначення параметрів сильно дисипативної коливальної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності.

Розробка нового алгоритму визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи базується на наступних теоретичних аналітичних перетвореннях.

Для випадку урахування взаємодії джерела енергії обмеженої потужності із сильнодисипатив-

ною коливальною системою при застосуванні асимптотичного методу Крилова-Боголюбова-Митропольського система рівнянь першого наближення приймає вигляд

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX_a}{dt} &= -h_s X_a + \varepsilon A_1(X_a) \exp(-h_s t), \\ \frac{d\psi}{dt} &= \omega_{1s} - \omega_{cp} + \varepsilon B_1(X_a), \end{aligned} \right\} (1)$$

де: $\omega_{1s}^2 = \omega_s^2 - h_s^2$, ω_{cp} - середня частота по діапазону частот зміни амплітуди коливань.

(Пресняков В.К., Филер З.Е. Колебания механической системы, рассматриваемой совместно с двигателем. «Динамика и прочность машин», Харьков, изд-во Харьковского университета, - 1971. С.82; Кононенко В.О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением, М.: «Наука», - 1964. С.30-35, 51-58; Кононенко В.О. Нелинейные колебания механических систем. Киев: «Наукова думка», - 1980. С.90-93, 95-100, 126-130, 201-210; патент №45033 України. МПК G01H11/00; Бюл. №20, 2009р.).

Система рівнянь (1) відповідає коливальній системі, диференціальне рівняння для якої належить до класу

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2h_s \frac{dx}{dt} + \omega_{0s}^2 x = \varepsilon f(x, \frac{dx}{dt}), (2)$$

рішення якого $X = X_a \sin \psi$.

Із системи рівнянь (1) отримаємо таке рівняння

$$d\psi - \omega_{1s} \Delta t + \omega_{cp} \Delta t = \int_{(x_a)} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{(t)} X_a h \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt. (3)$$

На підставі співвідношення (3) отримаємо систему рівнянь

$$2\pi n_1 - \omega_{1s} \Delta_1 t + \omega_{cp1} \Delta_1 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_1}^{t_2} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (4)$$

$$2\pi n_2 - \omega_{1s} \Delta_2 t + \omega_{cp2} \Delta_2 t = \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_3}^{t_4} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (5)$$

$$2\pi n_3 - \omega_{1s} \Delta_3 t + \omega_{cp3} \Delta_3 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_5}^{t_6} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (6)$$

$$2\pi n_4 - \omega_{1s} \Delta_4 t + \omega_{cp4} \Delta_4 t = \int_{x_{a2}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_7}^{t_8} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (7)$$

$$2\pi n_5 - \omega_{1s} \Delta_5 t + \omega_{cp5} \Delta_5 t = \int_{x_{a1}}^{x_{a2}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_9}^{t_{10}} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (8)$$

$$2\pi n_6 - \omega_{1s} \Delta_6 t + \omega_{cp6} \Delta_6 t = \int_{x_{a3}}^{x_{a4}} \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dX_a + \int_{t_{11}}^{t_{12}} X_a \exp(ht) \frac{B_1(X_a)}{A_1(X_a)} dt, (9)$$

$$\text{де } \omega_{1s} = \sqrt{c_s m_s^{-1} - h_s^2},$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_1 m)^{-1} - h_s^2},$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \sqrt{c_s (m_s + \Delta_2 m)^{-1} - h_s^2}, (10)$$

де: $\Delta_1 m, \Delta_2 m (\Delta_1 m \neq \Delta_2 m, \Delta_1 m \ll m_s, \Delta_2 m \ll m_s)$ - перша і друга додаткові маси відповідно; n_1 - чис-

ло циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_1 t$ при зміні частоти вимушених коливань із першою постійною швидкістю V_1 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси m_s ; n_2 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_2 t$ при зміні частоти вимушених коливань із другою постійною швидкістю V_2 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси m_s ; n_3 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_3 t$ при зміні частоти вимушених коливань із третьою постійною швидкістю V_2 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності коливної системи; n_4 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_4 t$ при зміні частоти вимушених коливань із четвертою постійною швидкістю V_4 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ при першій зміні інерційності; n_5 - число циклів вимушених коливань в часовому інтервалі $\Delta_5 t$ при зміні частоти вимушених коливань із п'ятою постійною швидкістю V_5 від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; n_6 - число циклів вимушених коли-

вань в часовому інтервалі $\Delta_6 t$ при зміні частоти вимушених коливань із шостою постійною швидкістю V_6 від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$ для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ при другій зміні інерційності; $\omega_{cp1}, \omega_{cp2}, \omega_{cp3}, \omega_{cp4}, \omega_{cp5}, \omega_{cp6}$ - середні частоти діапазонів частот, що відповідають часовим інтервалам $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t$ відповідно і визначаються співвідношеннями:

$$\omega_{cp1} = \frac{\omega_{B1} + \omega_{H1}}{2}; \quad \omega_{cp2} = \frac{\omega_{B2} + \omega_{H2}}{2};$$

$$\omega_{cp3} = \frac{\omega_{B3} + \omega_{H3}}{2}; \quad \omega_{cp4} = \frac{\omega_{B4} + \omega_{H4}}{2};$$

$$\omega_{cp5} = \frac{\omega_{B5} + \omega_{H5}}{2}; \quad \omega_{cp6} = \frac{\omega_{B6} + \omega_{H6}}{2},$$

де: $\omega_{B1}, \omega_{B3}, \omega_{B5}, \omega_{H1}, \omega_{H3}, \omega_{H5}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення $X_{\alpha 1}$ до першого кінцевого значення $X_{\alpha 2}$; $\omega_{B2}, \omega_{B4}, \omega_{B6}, \omega_{H2}, \omega_{H4}, \omega_{H6}$ - верхні і нижні частоти діапазонів частот, що відповідають зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$.

Після нескладних перетворень системи рівнянь (4)-(9) отримаємо такі рівняння для визначення частот $\omega_{1s}, \bar{\omega}_{1s}, \bar{\omega}_{1s}$, а саме:

1) із першого (4) і третього (6), другого (5) і четвертого (7) рівнянь отримаємо таку систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi n_1 - \omega_{1s} \Delta_1 t + \omega_{cp1} \Delta_1 t &= 2\pi n_3 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t + \omega_{cp3} \Delta_3 t, \\ 2\pi n_2 - \omega_{1s} \Delta_2 t + \omega_{cp2} \Delta_2 t &= 2\pi n_4 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_4 t + \omega_{cp4} \Delta_4 t; \end{aligned} \right\} (11)$$

2) із першого (4) і п'ятого (8), другого (5) і шостого (9) рівнянь отримаємо таку систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi n_1 - \omega_{1s} \Delta_1 t + \omega_{cp1} \Delta_1 t &= 2\pi n_5 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_5 t + \omega_{cp5} \Delta_5 t, \\ 2\pi n_2 - \omega_{1s} \Delta_2 t + \omega_{cp2} \Delta_2 t &= 2\pi n_6 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_6 t + \omega_{cp6} \Delta_6 t; \end{aligned} \right\} (12)$$

3) із третього (6) і п'ятого (8), четвертого (7) і шостого (9) рівнянь отримаємо таку систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 2\pi n_1 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t + \omega_{cp3} \Delta_3 t &= 2\pi n_5 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_5 t + \omega_{cp5} \Delta_5 t, \\ 2\pi n_4 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_4 t + \omega_{cp4} \Delta_4 t &= 2\pi n_6 - \bar{\omega}_{1s} \Delta_6 t + \omega_{cp6} \Delta_6 t; \end{aligned} \right\} (13)$$

Із (11) маємо таку систему двох рівнянь

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1s} \Delta_1 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t &= 2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t, \\ \omega_{1s} \Delta_1 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t &= 2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t; \end{aligned} \right\} (14)$$

Із (12) маємо таку систему двох рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1s} \Delta_1 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_5 t &= 2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp5} \Delta_5 t, \\ \omega_{1s} \Delta_2 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_6 t &= 2\pi(n_1 - n_6) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp6} \Delta_6 t; \end{aligned} \right\} (15)$$

Із (13) маємо таку систему двох рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1s} \Delta_1 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t &= 2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t, \\ \omega_{1s} \Delta_1 t - \bar{\omega}_{1s} \Delta_3 t &= 2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t; \end{aligned} \right\} (16)$$

Із (14) отримаємо аналітичні співвідношення для визначення частот $\omega_{1s}, \bar{\omega}_{1s}$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp4} \Delta_4 t] - \Delta_4 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)}, \quad (17)$$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_4) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp4} \Delta_4 t] - \Delta_2 t [2\pi(n_1 - n_3) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp3} \Delta_3 t]}{(\Delta_2 t \Delta_3 t - \Delta_1 t \Delta_4 t)} \quad (18)$$

Із (15) отримаємо аналітичні співвідношення для визначення частот $\omega_{1s}, \bar{\omega}_{1s}$

$$\omega_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp6} \Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp5} \Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)}, \quad (19)$$

$$= \frac{\Delta_1 t [2\pi(n_2 - n_6) + \omega_{cp2} \Delta_2 t - \omega_{cp6} \Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_1 - n_5) + \omega_{cp1} \Delta_1 t - \omega_{cp5} \Delta_5 t]}{(\Delta_2 t \Delta_5 t - \Delta_1 t \Delta_6 t)}. \quad (20)$$

Із (16) отримаємо аналітичні співвідношення для визначення частот $\omega_{1s}, \bar{\omega}_{1s}$

$$\bar{\omega}_{1s} = \frac{\Delta_5 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4} \Delta_4 t - \omega_{cp6} \Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3} \Delta_3 t - \omega_{cp5} \Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)}, \quad (21)$$

$$= \frac{\Delta_3 t [2\pi(n_4 - n_6) + \omega_{cp4} \Delta_4 t - \omega_{cp6} \Delta_6 t] - \Delta_6 t [2\pi(n_3 - n_5) + \omega_{cp3} \Delta_3 t - \omega_{cp5} \Delta_5 t]}{(\Delta_4 t \Delta_5 t - \Delta_3 t \Delta_6 t)}, \quad (22)$$

На підставі (10), (17), (18), (19), (20), (21), (22) отримаємо аналітичні співвідношення для визначення інерційно-жорсткісних параметрів

$$m_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2)}{\left(\frac{\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2}{\Delta_1 m} \right) - \left(\frac{\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2}{\Delta_2 m} \right)}; \quad (23)$$

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) m_s (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m} \quad (24)$$

або

$$c_s = \frac{(\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) m_s (m_s + \Delta_2 m)}{\Delta_2 m}; \quad (25)$$

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m} = (\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_1 m} \right) \quad (26)$$

або

$$\omega_{0s}^2 = \frac{c_s}{m_s} = \frac{(\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) (m_s + \Delta_1 m)}{\Delta_1 m} = (\omega_{1s}^2 - \bar{\omega}_{1s}^2) \left(1 + \frac{m_s}{\Delta_2 m} \right). \quad (22)$$

Спосіб визначення параметрів нелінійної сильнодисипативної коливальної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності реалізують на підставі наступного алгоритму.

1) Формують шість режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливальної системи, в першому, другому, третьому, четвертому, п'ятому і шостому режимах частоту сигналу вимушеної дії змінюють із постійними швидкостями $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ відповідно.

2) В кожному режимі фіксують і реєструють часові інтервали і числа циклів (періодів) коливань у відповідному часовому інтервалі.

3) В першому, третьому і п'ятому режимах часові інтервали і числа циклів коливань фіксують і реєструють при зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення, у другому, четвертому і шостому режимах часові інтервали і числа циклів коливань фіксують і реєструють при зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення до другого кінцевого значення.

4) В кожному режимі фіксують і реєструють нижні і верхні частоти діапазонів частот, що відпо-

відають зміні амплітуди від початкового значення до кінцевого значення.

5) Перший і другий режими вимушених коливань формують без зміни інерційності коливальної системи масою « m_s ».

6) Третій і четвертий режими вимушених коливань формують після першої зміни інерційності коливальної системи для маси $(m_s + \Delta_1 m)$ за рахунок жорсткого з'єднання маси « m_s » коливальної системи з першого додаткового масою $\Delta_1 m$ при умові $\Delta_1 m \ll m_s$.

7) П'ятий і шостий режими вимушених коливань формують після другої зміни інерційності коливальної системи для маси $(m_s + \Delta_2 m)$ за рахунок жорсткого з'єднання маси « m » коливальної системи з другою додатковою масою $\Delta_2 m$ при умові $\Delta_2 m \ll m_s, \Delta_2 m \neq \Delta_1 m$.

Новим в реалізації визначення параметрів сильно дисипативної коливальної системи при застосуванні джерела енергії обмеженої потужності є:

1) формування шести режимів вимушених коливань нелінійної дисипативної коливальної системи;

2) в кожному із шести режимів коливань фіксують і реєструють значення верхніх і нижніх частот кожного із шести діапазонів частот, які визначають відповідно зміні амплітуди вимушених коливань від відповідних початкових значень до відповідних кінцевих значень.

Спосіб визначення параметрів нелінійної дисипативної коливальної системи реалізують наступним чином.

1) Установлюють випробуваний об'єкт (конструкцію) на рухомій платформі вібростенда, зокрема, електродинамічного типу.

2) Послідовно реалізують шість режимів вимушених коливань, перший і другий режими формують без зміни інерційності сильнодисипативної нелінійної коливальної системи, третій і четвертий режими формують при першій зміні інерційності коливальної системи, п'ятий і шостий режими формують при другій зміні інерційності коливальної системи. Першу зміну інерційності формують шляхом жорсткого з'єднання з масою « m_s » коливальної системи першої додаткової маси $\Delta_1 m$ при умові $\Delta_1 m \ll m_s$. Другу зміну інерційності формують шляхом жорсткого з'єднання з масою « m_s » коливальної системи другої додаткової маси $\Delta_2 m$ при умові $\Delta_2 m \ll m_s$.

3) У першому, третьому і п'ятому режимах фіксують і реєструють відповідні часові інтервали і

числа циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди вимушених коливань від першого початкового значення до першого кінцевого значення при зміні частоти сигналу вимушеної дії з першою, третьою і п'ятою швидкостями відповідно.

4) У другому, четвертому і шостому режимах фіксують і реєструють відповідні часові інтервали і числа циклів коливань в цих часових інтервалах при зміні амплітуди вимушених коливань від другого початкового значення до другого кінцевого значення при зміні частоти сигналу вимушеної дії із другою, четвертою і шостою швидкостями відповідно.

5) В першому-шостому режимах проводять фіксацію і реєстрацію нижніх і верхніх частот шести діапазонів частот відповідно. Як відомо для випадку сильнодисипативної нелінійної коливальної системи при застосуванні асимптотичного методу Крилова-Боголюбова-Митропольського (КБМ) із рівнянь першого наближення визначають не частоту вільних коливань лінійної консервативної системи, а частоту вільних коливань лінійної дисипативної коливальної системи.

6) За допомогою обчислювально-вимірального комплексу (комп'ютерної системи) проводять обробку зареєстрованих сигналів $\Delta_1 t, \Delta_2 t, \Delta_3 t, \Delta_4 t, \Delta_5 t, \Delta_6 t$, вимушених коливань від другого початкового значення $X_{\alpha 3}$ до другого кінцевого значення $X_{\alpha 4}$.