

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ УТФЕЛЯ, ЩО ЗАВАНТАЖУЄТЬСЯ В ЦЕНТРИФУГУ

© Дудикевич Валерій.¹, Васілевський О.М.², Поджаренко Андрій¹, 2006

¹Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматики та телемеханіки,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

²Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна

Розглянуто питання визначення маси утфеля під час завантаження в центрифугу.

*Наведено модель розподілу сил, які прикладені до еластичної муфти
та виведено рівняння для обчислення мас.*

Рассмотрено вопрос определения массы утфеля при загрузке в центрифугу.

*Приведено модель распределения сил, приложенных к эластичной муфте
и получено уравнения для вычисления масс.*

It is considered a question of definition of weight utfela at its loading in a centrifuge.

*It is resulted model of distribution of the forces enclosed to elastic muftis
and it is received the equations for calculation of weights.*

Вступ. Кількість утфеля в центрифугі періодичної дії, як правило, визначається за його рівнем за допомогою контактного сенсора. Але об'ємна щільність утфеля змінюється в широких межах, які визначаються його температурою і в'язкістю, розмірами кристалів цукру, що коливаються в межах 0,25–0,95 мм, кількістю міжкристального розчину і характером розподілу мас під час завантаження утфеля в центрифугу [1]. Коливання цих параметрів і практична неконтрольованість останнього з них зумовлюють неконтрольовані коливання маси утфеля у центрифугі, а значить, і нестабільності навантаження привода центрифуги. Тому стабілізація навантаження привода потребує контролю і регулювання маси утфеля під час завантаження центрифуги.

Аналіз стану досліджень та публікацій. Ця задача розглядалася за умови рівномірного розміщення маси утфеля в [2, 3]. У статті розглядається задача розробки математичного апарату для побудови інформаційно-вимірювальної системи визначення маси утфеля у центрифугі.

Мета досліджень. Метою досліджень є виведення рівня для визначення маси утфеля, що завантажується в центрифугу, за допомогою якого можна було б врахувати зміну перерахованих вище параметрів, коливання яких істотно впливає на точність вимірювання.

Вклад основного матеріалу. Динамічна модель розподілу сил під час роботи центрифуги зображена на рис. 1. Ротор 4 центрифуги (рис. 1) своїм валом 3 прикріплений до вала електродвигуна 1 за допомогою еластичної пружної муфти 2. Нерівномірність спонтанного розподілу утфеля в центрифугі під час її завантаження приводить до істотного дисбалансу ротора електродвигуна, а отже, до появи прикладеної до центра мас G_R ротора відцентрової сили інерції:

$$F_R = F_{R_0} \sin(\omega \cdot t) = m\lambda\omega^2 \sin(\omega \cdot t), \quad (1)$$

де m – маса ротора, λ – амплітуда радіальних коливань, $\omega = \dot{\varphi}$ – кутова швидкість, φ – кут повороту ротора, і сили опору еластичної муфти, яку опишемо виразом:

$$F_C = F_{C_0} \sin(\omega \cdot t) = C_M \varepsilon \sin(\omega \cdot t), \quad (2)$$

де C_M – жорсткість муфти 2 (рис. 1), ε – амплітуда її радіального зміщення.

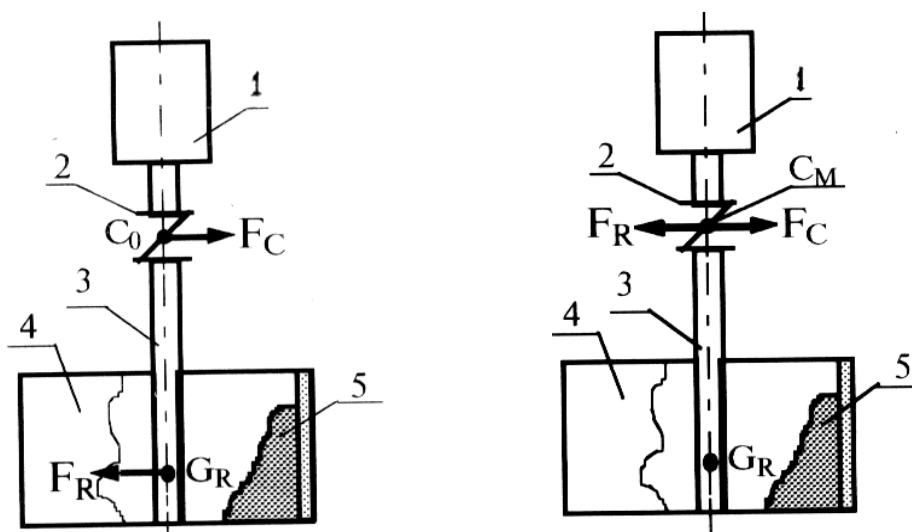


Рис. 1. Динамічна модель розподілу сил:
 1 – електродвигун; 2 – еластична муфта;
 3 – вал центрифуги; 4 – ротор;
 5 – утфель, що завантажується

Взаємодіючі сили F_C і F_R лежать в одній площині, яка проходить через вісь обертання ротора, і є силами, які не збігаються. Згідно з методом Пуассона [4] знайдемо головний вектор сукупності сил, що прикладений в точці C_0 за виразом:

$$F = F_R - F_C, \text{ або } F_0 = F_{R_0} - F_{C_0}. \quad (3)$$

Головний момент сил прикладення

$$M_R = F_R \cdot y_r, \quad (4)$$

визначається силою F_R і її плечем $y_r = C_0 C_R$, є вектор, який прикладений до точки C_0 і спрямований перпендикулярно до площини розподілу сил F_R і F_C . Момент повертає ротор 4 з валом 3 відносно точки C_0 підвісу до еластичної муфти 2. Вісь вала 3 ротора 4 відхиляється від рівномасного положення на кут α , який є кутом прецесії, і порушує паралельність спрямованих в різні боки сил F_R і F_C . У такому разі зрівноважувальними силами є сила F_C і горизонтальна складова сили F_R , яка має вигляд:

$$F_{Rx} = F_R \cos(\alpha). \quad (5)$$

Але під час роботи реальних центрифуг періодичної дії кут прецесії α не перевищує 3° [1], і відповідно з виразом (5) $F_{Rx} = F_R \cos(3^\circ) = 0,9986 F_R$, звідки випливає, що сила F_{Rx} відрізняється від сили F_R не більше ніж на 0,14 %. Тому з достатньою точністю можна прийняти рівність $F_{Rx} = F_R$, і силу F_{Rx} можна замінити силою F_R .

В усталеному режимі рівняння (3) буде дорівнювати нулю [2], а отже, сили F_{R_0} і F_{C_0} рівні між собою, і, з урахуванням (1) та (2), знаходимо із (3):

$$m \lambda \omega^2 = C_M \cdot \varepsilon, \quad (6)$$

звідки

$$m = \frac{C_M \cdot \varepsilon}{\lambda \omega^2}. \quad (7)$$

Отже, маса m ротора, який обертається, може бути визначена за радіальними зміщеннями ротора λ і еластичністю муфти ε з одночасним вимірюванням кутової швидкості ω ротора, а також визначення жорсткості C_M еластичної муфти.

Підвіс вала ротора в його верхній точці за допомогою еластичної муфти дає змогу знехтувати вигинальними деформаціями вала і визначити як кутову швидкість ротора, так і амплітуди радіальних зміщень λ і ε ротора та еластичної муфти за відхиленням вала від положення рівноваги. Реалізація такого методу полягає у вимірюванні за допомогою трьох сенсорів $D_i (i=1,2,3)$, розділеними відрізками прямих $L_{ij} (j=2,3,1)$ з відомими кутами нахилу Ψ_{ij} сенсорів до цих прямих, відстаней s_i від давачів до навпроти розміщених точок ротора і еластичної муфти, а також лінійних швидкостей V_i цих точок з подальшим розв'язанням системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{aligned}
 & \cos(\chi_{23}) = \cos(\chi_{12})\cos(\chi_{31}) - \sqrt{(1 - \cos^2(\chi_{12}))(1 - \cos^2(\chi_{31}))} \\
 & r_1^2 \left(1 + \frac{V_2^2}{V_1^2} - \frac{2V_2}{V_1} \cos(\chi_{12}) \right) = L_{12}^2 + s_1^2 + s_2^2 + 2s_1s_2 \cos(\Psi_{12} + \Psi_{21}) - 2L_{12}(s_1 \cos(\Psi_{12}) + s_2 \cos(\Psi_{21})) \\
 & r_1^2 \left(1 + \frac{V_3^2}{V_1^2} - \frac{2V_3}{V_1} \cos(\chi_{31}) \right) = L_{31}^2 + s_1^2 + s_3^2 + 2s_1s_3 \cos(\Psi_{13} + \Psi_{31}) - 2L_{31}(s_1 \cos(\Psi_{13}) + s_3 \cos(\Psi_{31})) \\
 & r_1^2 \left\{ \frac{V_2^2}{V_1^2} + \frac{V_3^2}{V_1^2} - \frac{2V_2V_3}{V_1} \left[\cos(\chi_{12})\cos(\chi_{31}) - \sqrt{(1 - \cos^2(\chi_{12}))(1 - \cos^2(\chi_{31}))} \right] \right\} = \\
 & = L_{23}^2 + s_2^2 + s_3^2 + 2s_2s_3 \cos(\Psi_{23} + \Psi_{32}) - 2L_{23}(s_2 \cos(\Psi_{23}) + s_3 \cos(\Psi_{32})) \\
 & r_2 = r_1 \frac{V_2}{V_1} \\
 & r_3 = r_1 \frac{V_3}{V_1}
 \end{aligned} \right. \quad (8)$$

де r_i – радіус-вектор точки з лінійною швидкістю V_i ;
 χ_{ij} – кути між радіус векторами, а

$$\omega = \frac{V_i}{r_i} \quad (9)$$

Матеріал, з якого виготовлена еластична муфта, може мати доволі великий розкид значень жорсткості C_M . Крім того, жорсткість цього матеріалу залежить від ступеня його деформації, і залежність (2) стає нелінійною. Але радіальне зміщення еластичної муфти дуже мале порівняно з її геометричними розмірами, що дає змогу з достатньою точністю вважати жорсткість C_M сталою для такої муфти. Значення C_M може бути визначене вимірюванням радіального зміщення муфти центрифуги, що обертається, при завантаженні в неї попередньо вимірянних (тарованих) мас за допомогою розв’язання системи рівнянь (8).

Очевидно, що маса, яка визначається виразом (7), складається з двох величин: маси m_R незавантаженої центрифуги, яка відома з паспортних даних, і маси m_U утфеля, що завантажується в центрифугу. Тоді масу утфеля визначимо за формулою:

$$m_U = \frac{C_M \varepsilon}{\lambda \omega^2} - m_R \quad (10)$$

За виразом (10) можна знайти масу утфеля, що завантажується в центрифугу.

Маса утфеля в центрифuzі, своєю чергою, є сумою мас кристалічного цукру і міжкристалічного розчину в утфелі (вираженого у відсотках) визначається виразом [1]:

$$q_M = 100 - q_s = 100 - \frac{100(q_{su} - q_{sm})}{100 - q_{sm}} \quad (11)$$

де q_M – кількість міжкристалічного розчину, % до маси m_U утфеля; q_s – кількість кристалічного цукру, % до маси m_U утфеля; q_{su} – концентрація цукру в утфелі, %; q_{sm} – концентрація цукру в міжкристалічному розчині, %. Величини q_M , q_s , q_{su} і q_{sm} визначається на підставі лабораторного аналізу при уварюванні утфеля.

З урахуванням (10) і (11) визначимо масу кристалічного цукру m_s і масу міжкристалічного розчину m_M у вигляді:

$$m_s = \left(\frac{C_M \varepsilon}{\lambda \omega^2} - m_R \right) \frac{q_{su} - q_{sm}}{100 - q_{sm}} \quad (12)$$

$$m_M = \left(\frac{C_M \varepsilon}{\lambda \omega^2} - m_R \right) \frac{100 - q_{su}}{100 - q_{sm}} \quad (13)$$

Вирази (12) і (13) дають змогу визначити масу об’єктів, які відділяються під час центрифугування.

Висновки. Аналізуючи вирази (7), (8), (9), (10), (12), (13), можна зробити висновок про те, що визначення маси утфеля, що завантажується в центри-

фугу, та визначення маси відділених відходів, потребують оперативної обробки великої кількості інформації, яка надходить із використовуваних сенсорів, лабораторних аналізів і паспортних даних центрифуги, а також оперативного виконання значного обсягу обчислень на підставі оброблюваної інформації. Тому для цього необхідне застосування мікропроцесорного пристрою, який в комплексі з сенсорами і пристроями

вводу-виводу інформації утворює інформаційно-вимірювальну систему визначення маси.

1. Терешин Б.Н. *Современные центрифуги в сахарной промышленности.* – М., 1989. 2. Левитский Н.И. *Колебания в механизмах.* – М., 1988. 3. Сокол В.М. *Определения момента инерции ротора в процессе его балансировки // Автоматизация и современные технологии.* – 1996. – № 7. – С. 22 – 24. 4. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. *Курс теоретической механики. Том 1.* – М., 1982.

УДК 621.382

СТРУКТУРНО-МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ЧАСОВИМ ПОДАнням ІНФОРМАЦІЇ

© Шабатура Юрій, 2006

Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця, Україна

*Викладено структурно-математичні основи синтезу вимірювальних каналів
інформаційно-вимірювальних систем з часовим поданням інформації.*

*Виконаний синтез і дослідження функції перетворення вимірювального каналу
з додатковим інтегровальним перетворенням.*

*Изложены структурно-математические основы синтеза измерительных каналов
информационно-измерительных систем с временным представлением информации.*

*Выполнен синтез, и исследование функции преобразования измерительного канала
с дополнительным интегрирующим преобразованием.*

*In given work are represent structured-mathematical base syntheses of dimensions channels
of information-dimension systems with the temporary information presentation.*

*Executed syntheses and investigate to transformation function of dimension channel
with additional integrated transformation.*

Вступ. Успішне розв'язання задач створення сучасних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) потребує комплексного розуміння єдності структурних рішень і математичних перетворень, які відповідатимуть характерним особливостям об'єктів та умов вимірювань. Однією з найскладніших ланок у синтезі ІВС є завдання створення вимірювальних каналів, оскільки саме їхні властивості практично визначають метрологічні характеристики вимірювальних систем загалом.

Для покращання енергетичних, метрологічних, експлуатаційних та інших характеристик ІВС у деяких роботах [1–3] пропонується застосовувати первинні

вимірювальні перетворювачі, у яких аналітичним вихідним сигналом є тривалість імпульсного процесу. Запропонований підхід означає насамперед перехід до імпульсного режиму роботи вимірювальних каналів ІВС. Це дає такі переваги:

- значно підвищує економічність роботи ІВС;
- дає змогу оперативно оцінювати динамічні характеристики об'єктів вимірювань;
- збільшує чутливість;
- підвищує точність вимірювань.

Для визначення оптимальних умов та структурних рішень, які з урахуванням математичних законо-