

## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССОГЛАСОВАНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ДЕБАЛАНСОВ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ

**Введение.** Для реализации замкнутой системы управления регулируемым дебалансным вибровозбудителем [1,2] необходима информация о взаимном расположении вращающихся дебалансов, которая теоретически может быть получена на основе сигналов с датчиков углового положения каждого дебаланса. Однако существующие датчики имеют сравнительно высокую стоимость, низкую вибрационную устойчивость и существенные трудности механического сопряжения с валом дебаланса, обусловленные конструктивными особенностями вибрационных агрегатов [3,4], что практически исключает применение таких датчиков. Разработка датчиков углового рассогласования более простой конструкции и при этом удовлетворяющих требованиям по точности является актуальной задачей.

**Цель.** Создание программно-аппаратного комплекса определения рассогласования углового положения вращающихся дебалансов вибровозбудителей как одной из составляющих решения задачи создания системы управления дебалансным виброприводом.

**Материалы и результаты исследований.** Учитывая особенности дебалансных виброприводов, а именно то, что угловая скорость не нулевая, слабо изменяется за один оборот и находится в известных пределах предложен метод измерения рассогласования углового положения вращающихся дебалансов, отличительным элементом которого является кодировочный диск с пропущенным зубцом. Указанный метод позволяет определить угловое положение дебаланса на основе существенного отличия периода импульса, формируемого пропущенным зубцом, по отношению к периодам остальных импульсов.

С целью проведения исследований по определению рассогласования углового положения вращающихся дебалансов вибровозбудителей разработан лабораторный стенд, функциональная схема которого приведена на рисунке 1.

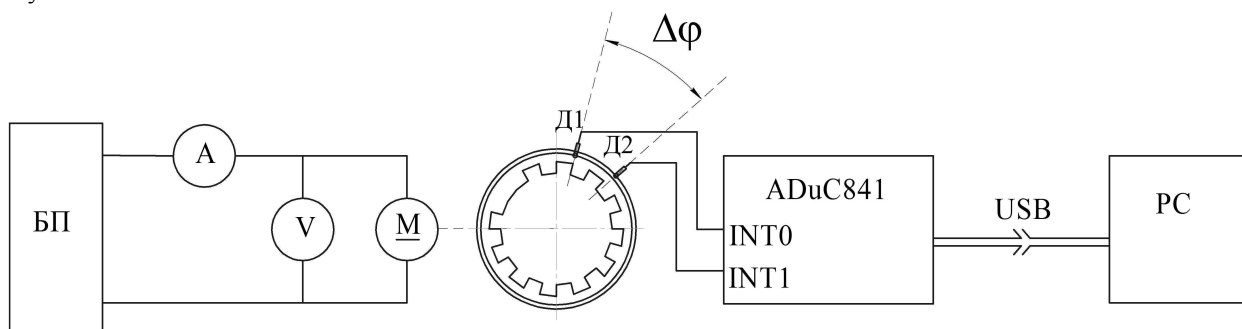


Рис. 1 – Функциональная схема лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входит лабораторный блок питания НУ1502D (БП) со встроенными индикаторами тока и напряжения, двигатель постоянного тока (М), приводящий в движение кодировочный диск. Двигатель находится в корпусе, верхняя часть которого может быть повернута относительно основания. В основании корпуса и подвижной его части установлены индуктивные датчики (D1, D2). Сигналы с датчиков поступают на входы прерываний INT0, INT1 микроконтроллера ADuC841. Микроконтроллер обрабатывает эти сигналы по заданному алгоритму и вычисляет значения угловой скорости и рассогласования углового положения вращающихся дебалансов. Визуализация этих значений осуществляется на мониторе компьютера в таблице Excel. Поворот датчика D2 относительно датчика D1 имитирует изменение относительного углового положения синхронно вращающихся дебалансов, на каждом из которых в реальном виброагрегате планируется установить кодировочный диск аналогичной конструкции.

Лабораторные исследования предложенного алгоритма показали, что он позволяет определить угол рассогласования дебалансов в диапазоне 0-360 градусов с дискретностью 8,57 градусов при изменении скорости вращения кодировочного диска от 16 Гц до 50 Гц.

С целью проведения дальнейших исследований по созданию замкнутой системы управления угловым положением вращающихся дебалансов создана имитационная модель программно-аппаратного комплекса определения рассогласования углового положения вращающихся дебалансов вибровозбудителей, отличительной особенностью которой является возможность варьирования количества зубцов кодировочного диска, что позволяет исследовать влияние указанного параметра на динамические и статические характеристики системы управления с целью поиска минимального значения, удовлетворяющего требованиям качества регулирования.

$$\begin{cases} \varphi_1 = \int \omega_1 \cdot dt; & \varphi_2 = \int \omega_2 \cdot dt; & \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2; \\ S_1 = \left[ N \cdot \left\{ \frac{\varphi_1}{2\pi \cdot N} \right\} \right]; & S_2 = \left[ N \cdot \left\{ \frac{\varphi_2}{2\pi \cdot N} \right\} \right]; & \Delta S = \begin{cases} S_1 - S_2, & \text{если } S_2 \geq S_1; \\ S_1 - S_2 + N, & \text{если } S_2 < S_1; \end{cases} & \Delta\varphi_{изм} = \frac{2\pi}{N} \cdot \Delta S, \end{cases}$$

где  $\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения дебалансов;  $\varphi_1, \varphi_2$  - углы поворота дебалансов;  $\Delta\varphi$  - угол рассогласования положения дебалансов;  $N$  - количество зубцов кодировочного диска, включая пропущенный зубец;  $S_1, S_2$  - количество зубцов, определенных датчиками Д1, Д2 на текущем обороте кодировочного диска, начиная с пропущенного зубца;  $\Delta S$  - угол рассогласования, выраженный в зубцах;  $\Delta\varphi_{изм}$  - измеренное значение угла рассогласования.

С целью подтверждения адекватности имитационной модели проведены идентичные по сути математический и физический эксперименты для кодировочного диска с  $N=42$ , в процессе которых задавался угол рассогласования  $\Delta\varphi$  и фиксировались его измеренные значения  $\Delta\varphi_{изм}$ . Для удобства установки положения датчика Д2 на неподвижной части корпуса нанесена миллиметровая шкала, а на подвижной – метка. При диаметре корпуса равном 151 мм одному градусу рассогласования соответствует 1,317 мм шкалы. За нулевую точку отсчета принято положение датчиков, соответствующее синфазному вращению дебалансов ( $\Delta\varphi = 0$ ). Исследования проводились в диапазоне углов рассогласования  $[-70, +70]$  мм с шагом 2 мм, что составляет около 12 зубцов кодировочного диска.

Результаты математического и физического экспериментов приведены на рисунке 2. Для удобства анализа значения измеренного угла рассогласования также как и заданного представлены в миллиметрах.

Физический эксперимент подтверждает адекватность математической модели и отражает качественную картину взаимосвязей, обусловленных дискретностью системы.

#### ВЫВОДЫ

1. При условии синхронного и равномерного вращения дебалансов использование датчиков с пропущенным зубцом позволяет определить угловое рассогласование дебалансов, используя по одному сигналу от датчика в отличие от стандартных датчиков с двумя выходными сигналами, что приводит к снижению стоимости за счет смещения решения из аппаратной в программную часть комплекса.

2. Полученный на лабораторном стенде диапазон скоростей (16-50 об/с) нормальной работы программно-аппаратного комплекса определения углового рассогласования вращающихся механизмов удовлетворяет требованиям для использования в известных вибрационных машинах.

3. Разработанная имитационная модель программно-аппаратного комплекса определения углового рассогласования вращающихся механизмов вибрационных машин может быть использована в исследованиях по созданию системы управления взаимным положением дебалансов регулируемого вибровозбудителя.

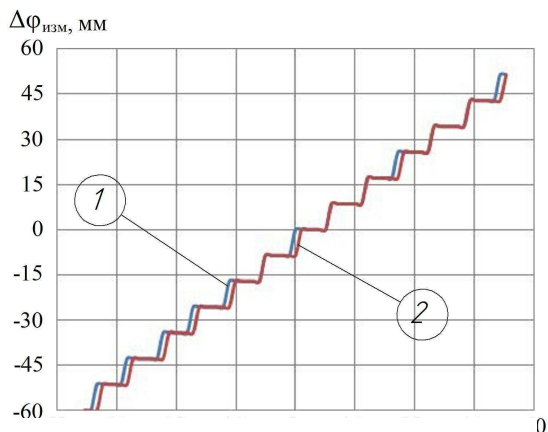


Рис. 2 – Результаты экспериментов

#### Литература

1. United States Patent 6105685. Adjusting device for and unbalance vibrator with adjustable centrifugal moment/ Bald H.B.; stated 22.06.1998, publ. 22.08.2000.
2. Осадчий В.В. Регульований електропривод дебалансного вібробудувача / Осадчий В.В. Батраченко І.В., Микитюк Д.В. // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 194-197.
3. Потураев В.Н. Вибрационные транспортирующие машины / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, А.Г. Червоненко. – М.: Машиностроение, 1964. – 272 с.
4. Спиваковский А.О. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства / А.О. Спиваковский, И.Ф. Гончаревич. – М.: Машиностроение, 1972. – 328 с.