

Черевко А.Н.

Черевко П.А.

Полтавський
національний
технічний
університет
ім. Ю. Кондратюка

УДК 621.01

УПРАВЛЯЕМЫЙ СИНТЕЗ ВИБРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ БЛОКОМ ТРЕХДЕБАЛАНСНЫХ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЕЙ

Обговорюються питання, пов'язані з оцінюванням динамічних можливостей вібраційних машин з керованими тридебалансними вібробудувачами за допомогою теорії приведення системи сил до найпростішого вигляду.

The problems, bound with an estimation of dynamic capabilities of vibrational machines with controllabe unbalanced masses with the help of theory reduction system forces of simple form.

Широкое применение вибрационной техники и технологии дает возможность интенсифицировать большое количество технологических процессов, повысить качество работ, создать новые технологии, которые основываются на вибрационных эффектах [1, 2].

Академик К.В. Фролов утверждает, что вибрационная технология является основой технологий будущего [3]. Достижения вибрационной техники, которые базируются на фундаментальных исследованиях теории нелинейных колебаний, отражены в работах П.М. Алабушева, И.И. Блехмана, И.И. Быховского, А.П. Бабичева, Я.Г. Пановко, В.О. Кононенко, Б.И. Крюкова, И.Ф. Гончаревича, Э.Э. Лавендела, В.М. Потураева, К.М. Рагульскиса, Л.И. Сердюка, А.П. Филипова, К.В. Фролова, В.М. Челомея, их коллег и учеников [4 – 7].

Управляемые технологические вибромашины, которые появились в последнее время, имеют необыкновенные сочетания полезных свойств и дают возможность использовать вибротехнику там, где еще совсем недавно это считалось нецелесообразным и малоперспективным. Объединение одновальных трехдебалансных вибровозбудителей в единый блок приводит к существенному расширению спектра генерированных вибрационных полей переменной структуры.

Исследование возможностей генератора колебаний, состоящего из двух трехдебалансных вибровозбудителей, является важной задачей, актуальность которой возрастает в связи с универсальностью привода технологической машины

Рассмотрим работу вибрационного блока состоящего из двух трехдебалансных вибровозбудителей.

В рассматриваемой ниже схеме вибровозбудители синхронизируются с вращением в противоположные стороны. Расчетная схема (рис.1) учитывает возможность установки первоначального угла сдвига фаз φ_0 . Разворот трех подвижных дебалансов производится по часовой стрелке, а одного – против, смотря навстречу оси x .

Для определения возможностей блока вибровозбудителей приведем систему сил инерции к простейшему виду.

Определим главный вектор сил инерции \vec{F}_o :

$$\vec{F}_o = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} .$$

Проекции главного вектора на оси координат определяются по следующим формулам:

$$F_x = \sum F_{ix} ; \quad F_y = \sum F_{iy} \quad F_z = \sum F_{iz}$$

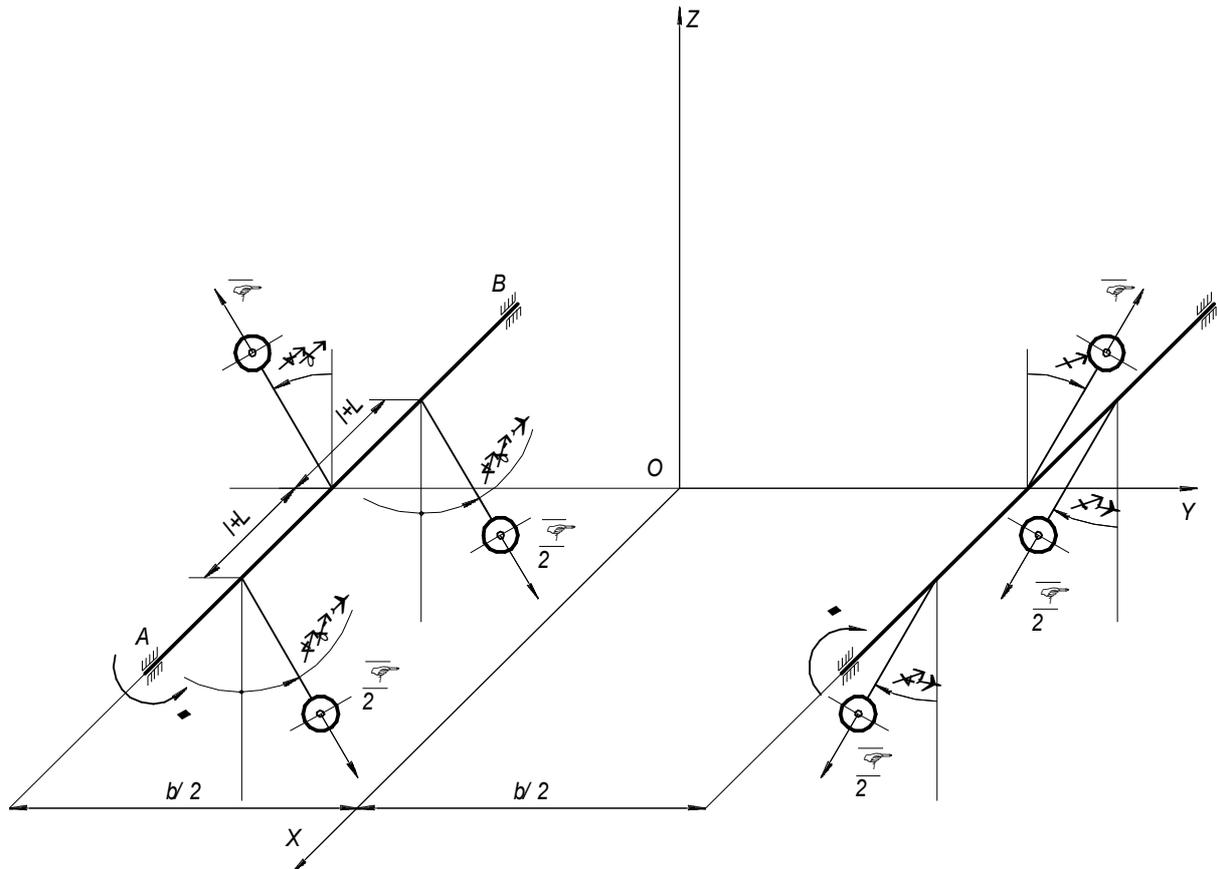
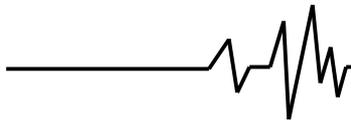


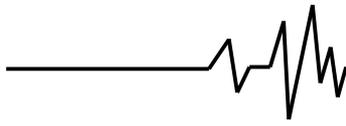
Рис. 1 Расчетная схема блока вибровозбудителей

$$\begin{aligned} \sum F_{ix} &= 0; \\ \sum F_{iy} &= \frac{\Phi_1}{2} \sin(\varphi_0 + \varphi - \theta) - \Phi_1 \sin(\varphi_0 + \varphi) + \Phi_1 \sin \varphi + \\ &+ \frac{\Phi_1}{2} \sin(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \frac{\Phi_1}{2} \sin(\varphi - \theta) - \frac{\Phi_1}{2} \sin(\varphi + \theta) = \\ &= \Phi_1 \sin(\varphi_0 + \varphi - \theta) - \Phi_1 \sin(\varphi_0 + \varphi) + \Phi_1 \sin \varphi - \frac{\Phi_1}{2} \times \\ &\times (\sin(\varphi - \theta) + \sin(\varphi + \theta)) = \Phi_1 (\sin(\varphi_0 + \varphi - \theta) - \\ &- \sin(\varphi_0 + \varphi)) + \Phi_1 \sin \varphi - \frac{\Phi_1}{2} \left(2 \sin \frac{\varphi - \theta + \varphi + \theta}{2} \times \right. \\ &\times \left. \cos \frac{\varphi - \theta - \varphi - \theta}{2} \right) = 2\Phi_1 \sin \frac{\varphi_0 + \varphi - \theta - \varphi - \varphi_0}{2} \times \\ &\times \cos \frac{\varphi_0 + \varphi - \theta + \varphi + \varphi_0}{2} + \Phi_1 \sin \varphi - \Phi_1 \sin \varphi \times \\ &\times \cos(-\theta) = 2\Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\sin \varphi \sin \frac{\theta}{2} - \cos \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \right). \\ \sum F_{iz} &= -\frac{\Phi_1}{2} \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) + \Phi_1 \cos(\varphi_0 + \varphi) + \Phi_1 \cos \varphi - \\ &- \frac{\Phi_1}{2} \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \frac{\Phi_1}{2} \cos(\varphi + \theta) - \frac{\Phi_1}{2} \cos(\varphi - \theta) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \Phi_1 (\cos(\varphi_0 + \varphi) - \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta)) + \Phi_1 \cos \varphi - \frac{\Phi_1}{2} \times \\ &\times (\cos(\varphi + \theta) + \cos(\varphi - \theta)) = -2\Phi_1 \times \\ &\times \sin \frac{\varphi_0 + \varphi - \theta + \varphi + \varphi_0}{2} \sin \frac{\varphi_0 + \varphi - \varphi - \varphi_0 + \theta}{2} + \Phi_1 \times \\ &\times \cos \varphi - \Phi_1 \cos \frac{\varphi + \theta + \varphi - \theta}{2} \cos \frac{\varphi + \theta - \varphi + \theta}{2} = -2 \times \\ &\times \Phi_1 \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \sin \frac{\theta}{2} + \Phi_1 \cos \varphi - \Phi_1 \cos \varphi \cos \theta = \\ &= -2\Phi_1 \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \sin \frac{\theta}{2} + \Phi_1 \cos \varphi (1 - \cos \theta) = \\ &= -2\Phi_1 \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \sin \frac{\theta}{2} + 2\Phi_1 \cos \varphi \sin^2 \frac{\theta}{2} = \\ &= 2\Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\cos \varphi \sin \frac{\theta}{2} - \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \right); \end{aligned}$$

$$F_o = \sqrt{(\sum F_{ix})^2 + (\sum F_{iy})^2 + (\sum F_{iz})^2}.$$

$$F_o = \left(\left(2\Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\sin \varphi \sin \frac{\theta}{2} - \cos \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \right) \right)^2 + \right.$$



$$\begin{aligned}
 & + \left(2\Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\cos \varphi \sin \frac{\theta}{2} - \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \right) \right)^2 \Big)^{1/2} = 2 \times \\
 & \times \sin \frac{\theta}{2} - \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \Big)^2 \Big)^{1/2} = 2\Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\cos^2 \frac{\theta}{2} - \right. \\
 & \times \Phi_1 \sin \frac{\theta}{2} \left(\left(\sin \varphi \sin \frac{\theta}{2} - \cos \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \right)^2 + (\cos \varphi \times \right. \\
 & \left. \left. - 4 \sin \frac{\theta}{2} \cos \left(\varphi + \frac{\varphi_0}{2} \right) \sin \left(\varphi + \frac{\varphi_0}{2} - \frac{\theta}{2} \right) \right) \right)^{1/2};
 \end{aligned}$$

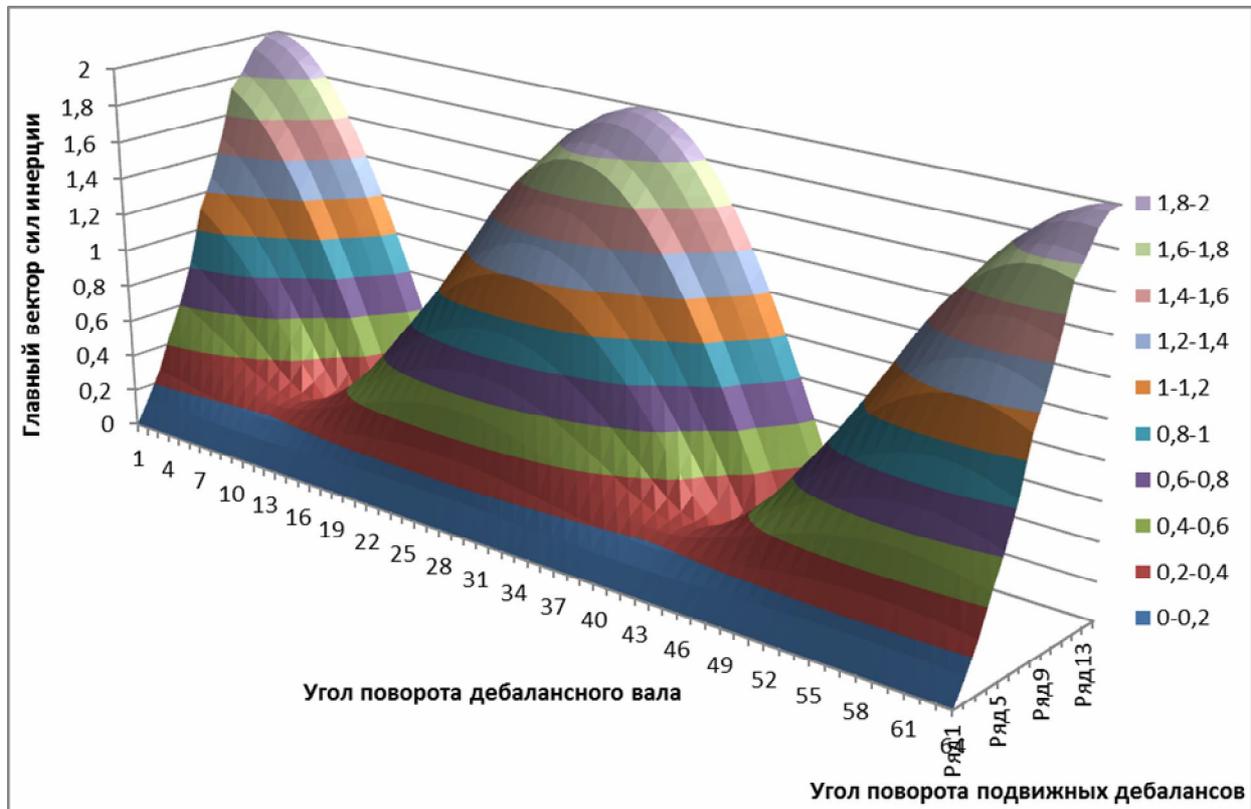


Рис. 2 Зависимость главного вектора сил инерции от угла поворота подвижных дебалансов и дебалансного вала

Определим главный момент сил инерции

\bar{M}_O .

$$\bar{M}_O = M_x \bar{i} + M_y \bar{j} + M_z \bar{k};$$

где: $M_x = \sum M_{ix}; M_y = \sum M_{iy}; M_z = \sum M_{iz}$.

$$\begin{aligned}
 \sum M_{ix} &= \Phi_1 \frac{b}{4} \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \Phi_1 \frac{b}{2} \cos(\varphi + \varphi_0) + \Phi_1 \times \\
 & \times \frac{b}{4} \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \Phi_1 \frac{b}{4} \cos(\varphi + \theta) + \Phi_1 \frac{b}{2} \cos \varphi - \Phi_1 \times \\
 & \times \frac{b}{4} \cos(\varphi - \theta) = \Phi_1 \frac{b}{2} (\cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \cos(\varphi + \varphi_0)) - \\
 & - \Phi_1 \frac{b}{4} (\cos(\varphi + \theta) + \cos(\varphi - \theta)) + \Phi_1 \frac{b}{2} \cos \varphi = \Phi_1 \frac{b}{2} \times \\
 & \times \left(-2 \sin \frac{\varphi + \varphi_0 + \varphi + \varphi_0 - \theta}{2} \sin \frac{\varphi + \varphi_0 - \varphi - \varphi_0 - \theta}{2} \right) -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \Phi_1 \frac{b}{4} \left(2 \cos \frac{\varphi + \theta + \varphi - \theta}{2} \times \cos \frac{\varphi + \theta - \varphi + \theta}{2} \right) + \Phi_1 \frac{b}{2} \times \\
 & \times \cos \varphi = -\Phi_1 b \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \sin \left(-\frac{\theta}{2} \right) - \Phi_1 \frac{b}{2} \cos \varphi \times \\
 & \times \cos \theta + \Phi_1 \frac{b}{2} \cos \varphi = \Phi_1 b \sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) \sin \frac{\theta}{2} + \Phi_1 b \times \\
 & \times \cos \varphi \sin^2 \frac{\theta}{2} = \Phi_1 b \sin \frac{\theta}{2} \left(\sin \left(\varphi + \varphi_0 - \frac{\theta}{2} \right) + \sin \frac{\theta}{2} \cos \varphi \right); \\
 \sum M_{iy} &= \frac{\Phi_1}{2} (l+L) \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) - \frac{\Phi_1}{2} (l+L) \times \\
 & \times \cos(\varphi + \varphi_0 - \theta) + \frac{\Phi_1}{2} (l+L) \cos(\varphi + \theta) - \frac{\Phi_1}{2} (l+L) \times \\
 & \times \cos(\varphi - \theta) = \frac{\Phi_1}{2} (l+L) (\cos(\varphi + \theta) - \cos(\varphi - \theta)) = \\
 & = -\Phi_1 (l+L) \sin \varphi \sin \theta;
 \end{aligned}$$