



ПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ПРИ СОРТИРОВКЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

В статье приводится описание способа снижения непроизводительной мощности вибрационных сортировальных машин за счет смещения фаз колебаний. Представлена методика оценки влияния смещения фаз колебаний на характеристику изменения мощности сортировальной машины. Доказана возможность снижения неравномерности производительной (активной) мощности при сортировке сыпучих материалов с одновременным уменьшением ее пикового значения почти на тридцать процентов.

Сортировка сыпучих материалов, строительные материалы, колебания, фаза, смещение, самонейтрализация, реактивная, активная мощность.

При сортировке различных сыпучих материалов зачастую используют вибрационные сортировальные машины. Качество и стоимость сортируемых материалов напрямую зависит от характеристик используемых сортировальных машин. В существующих вибрационных сортировальных машинах часто используют два массивных рабочих органа, колебания которых вместе с сыпучим материалом [1] осуществляются в противофазе, что приводит к развитию существенной непроизводительной реактивной механической мощности [2]. Смещение фаз колебаний на девяносто градусов приводит к полной самонейтрализации этой мощности [3]. Этим положительное влияние смещения фаз колебаний не ограничивается

Цель исследования состоит в установлении влияния смещения на девяносто градусов фаз колебаний массивных рабочих органов [4] на производительную

(активную) мощность [5, 6] при сортировке сыпучих материалов.

Производительная (активная) мощность при штатных колебаниях рабочих органов (смещение фаз – π). Выражение для мощности в этом случае имеет вид:

$$p_{z\pi} = 2P_{z\max} |\cos \omega \cdot t|,$$

где $P_{z\max}$ – амплитуда активной (тепловой) мощности для одного рабочего органа. На рисунке 1 представлен график этой мощности.

Пиковая суммарная мощность для этого случая равна

$$P_{z\pi\max} = 2P_{z\max}.$$

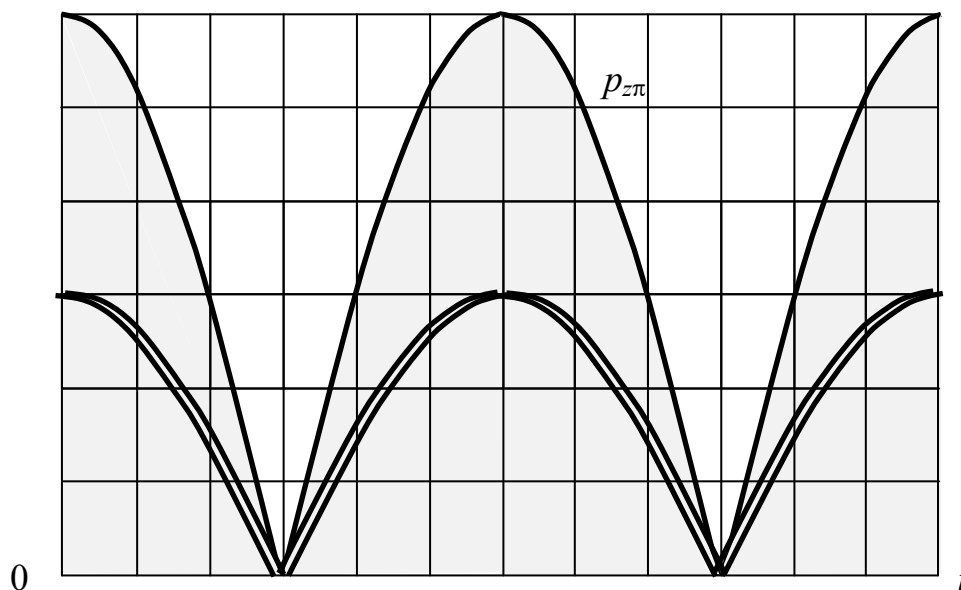


Рис. 1. Активная мощность. Смещение фаз – π

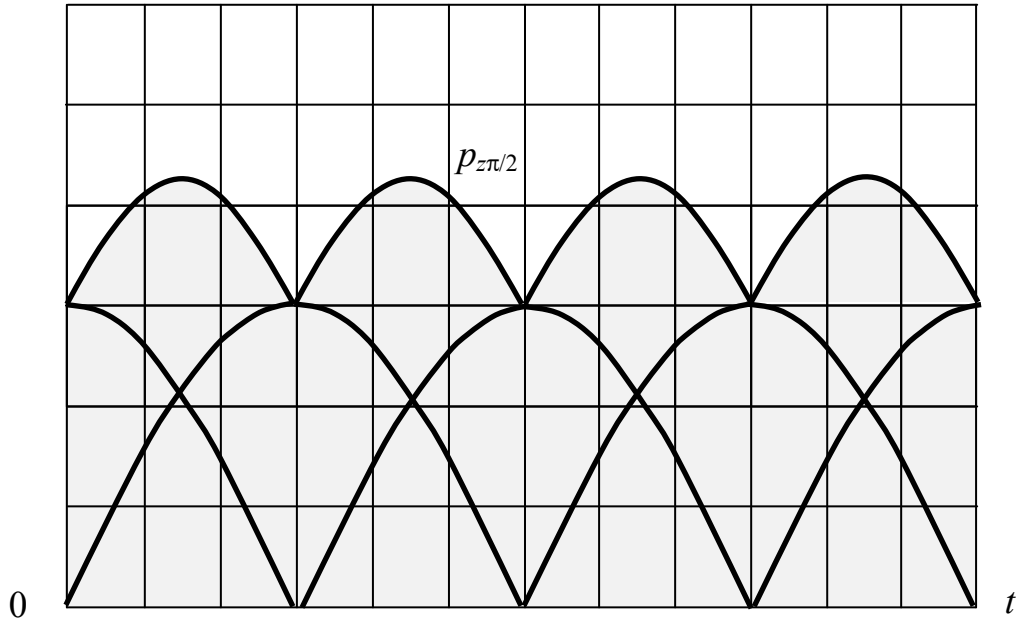


Рис. 2. Активная мощность. Смещение фаз – $\pi/2$

Производительная (активная) мощность при смещении фаз на $\pi/2$. Выражение для мощности в этом случае имеет вид:

$$\begin{aligned}
 P_{z\pi/2} &= P_{z\max} (|\cos \omega \cdot t| + |\sin \omega \cdot t|) = \\
 &= \sqrt{2} P_{z\max} \sin \left[\left(\omega \cdot \tau + \frac{\pi}{4} \right) + n \frac{\pi}{2} \right] = \\
 &= \sqrt{2} P_{z\max} \sin \left[\omega \cdot \tau + (1 + 2n) \frac{\pi}{4} \right], \\
 t &= \tau + n \frac{\pi}{2}, 0 \leq \omega \cdot \tau \leq \frac{\pi}{2}.
 \end{aligned}$$

Пиковая суммарная мощность для этого случая равна

$$P_{z(\pi/2)\max} = \sqrt{2} P_{z\max}.$$

На рисунке 2 представлен график этой мощности.

Сопоставление рассмотренных вариантов. Нагрузка сортировальной вибрационной машины при штатных колебаниях рабочих органов (смещение фаз – π) по существу является импульсной. Нагрузка машины со смещением фаз колебаний рабочих органов на $\pi/2$ существенно равномернее. Пиковая суммарная мощность во втором варианте меньше в $\sqrt{2}$ (это около тридцати процентов).

Для штатного варианта коэффициент неравномерности активной (тепловой) мощности определяется по известной формуле:

$$\delta_{\pi} = \frac{P_{z\pi\max} - P_{z\pi\min}}{P_{z\pi\text{mid}}} = \frac{P_{z\pi\max} - P_{z\pi\min}}{(P_{z\pi\max} + P_{z\pi\min})/2} = 2.$$

(Здесь $P_{z\pi\min} = 0$).

Для второго варианта:

$$\begin{aligned}
 \delta_{\pi/2} &= \frac{P_{z(\pi/2)\max} - P_{z(\pi/2)\min}}{\left[P_{z(\pi/2)\max} + P_{z(\pi/2)\min} \right] / 2} = \\
 &= \frac{\sqrt{2} - 1}{(\sqrt{2} + 1)/2} = \frac{(\sqrt{2} - 1)(\sqrt{2} - 1)}{(\sqrt{2} + 1)(\sqrt{2} - 1)/2} = 2(\sqrt{2} - 1)^2 \approx 0,343.
 \end{aligned}$$

Преимущество второго варианта следует из отношения

$$\frac{\delta_{\pi}}{\delta_{\pi/2}} = \frac{2}{0,343} \approx 5,8.$$

Строго говоря, среднее значение функции, представленной на рисунке 1, не является среднеарифметическим от ее экстремумов

$$P_{z\pi\text{mid}} \neq (P_{z\pi\max} + P_{z\pi\min}) / 2.$$

Поэтому неравномерность мощностей можно уточнить следующим образом.

$$P_{z\pi\text{mid}} = P_{z\pi\max} \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin \varphi d\varphi = -P_{z\pi\max} \frac{1}{\pi} \cos \varphi \Big|_0^{\pi} = \frac{2}{\pi} P_{z\pi\max}.$$

$$\delta_{\pi} = \frac{\pi}{2}.$$

$$P_{z(\pi/2)\min} = \frac{P_{z\pi\max}}{2}.$$

$$\begin{aligned}
 P_{z(\pi/2)\text{mid}} &= \frac{P_{z\pi\max}}{2} + \frac{2}{\pi} \left[P_{z(\pi/2)\max} - \frac{P_{z\pi\max}}{2} \right] = \\
 &= \frac{P_{z\pi\max}}{2} + \frac{2}{\pi} \left[\frac{P_{z\pi\max}}{\sqrt{2}} - \frac{P_{z\pi\max}}{2} \right]
 \end{aligned}$$

$$P_{z\pi\max} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{\sqrt{2}\pi} - \frac{1}{\pi} \right) = P_{z\pi\max} \frac{\sqrt{2}\pi + 4 - 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}\pi}.$$

$$\delta_{\pi/2} = \frac{P_{z(\pi/2)\max} - P_{z(\pi/2)\min}}{P_{z(\pi/2)\text{mid}}} = \frac{\frac{P_{z\pi\max}}{\sqrt{2}} - \frac{P_{z\pi\max}}{2}}{P_{z\pi\max} \frac{\sqrt{2\pi+4-2\sqrt{2}}}{2\sqrt{2\pi}}} =$$

$$\frac{2-\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} \frac{2\sqrt{2}\pi}{\sqrt{2\pi+4-2\sqrt{2}}} = \frac{\pi(2-\sqrt{2})}{\sqrt{2\pi+4-2\sqrt{2}}} \approx 0,328.$$

$$\frac{\delta_{\pi}}{\delta_{\pi/2}} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{0,328} \approx 4,8.$$

Этот результат более точен.

Смещение фаз колебаний массивных рабочих органов вибрационных сортировальных машин на девяносто градусов [7, 8] помимо полной самонейтрализации непроизводительной реактивной механической мощности приводит к снижению в 4,8 раза неравномерности производительной (активной) мощности при сортировке сыпучих материалов [10] с одновременным уменьшением ее пикового значения почти на тридцать процентов.

Таким образом, за счет предлагаемого изменения конструкции сортировальной машины, возможно улучшить производительность при производстве сыпучих материалов с одновременным снижением их себестоимости.

Литература

1. Езерский, В. А. Методика сравнительной оценки качества многокомпонентных цементных композиций с использованием техногенных отходов / В. А. Езерский, Н. В. Кузнецова, А. Д. Селезнев // Вестник Вологодского государственного университета. – 2018. – № 2 (2). – С. 57–62.
2. Бакаев, В. Н. Управляемый электропривод механизмов маятникового типа / В. Н. Бакаев // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 2 (4). С. 7–8.

3. Попов, И. П. Самобалансировка вибрационных механизмов / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2018. – № 2 (2). – С. 16–19.

4. Балансировка вибромашин при строительстве железнодорожного пути / И. П. Попов, Д. Н. Парышев, В. М. Самуйлов, К. А. Васильев // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. № 2 (38). – С. 15–19.

5. Попов, И. П. Диссипативная, реактивная и полная мощности виброприводов машин / И. П. Попов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 3 (5). – С. 72–74.

6. Активная, реактивная и полная механические мощности решетного сепаратора / И. П. Попов, В. Ю. Левитский, С. С. Родионов, С. И. Родионова // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 2 (30). – С. 70–73.

7. Оптимизация мощности решетных зерноочистительных машин / И. П. Попов, В. Г. Чумаков, С. С. Родионов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 5. – С. 53–56.

8. Диссипативная мощность при наклоне решет зерноочистительной машины / И. П. Попов, В. Г. Чумаков, С. С. Родионов [и др.] // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 3 (37), Вып. 10. – С. 35–36.

9. Определение влияния зернового вороха на динамику решетного стана / И. П. Попов, В. Г. Чумаков, В. И. Чарыков [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4 (49). – С. 69–75.

10. Опыт внедрения системы бережливого производства на российских промышленных предприятиях / А. В. Колобов, В. В. Глухов, Е. М. Игумнов, Д. Н. Наумов // Вестник Вологодского государственного университета. – 2019. – № 3(5). – С. 58–63.

I.P. Popov

PRODUCTION CAPACITY WHEN SORTING BULK MATERIALS

The article describes a method of reducing the unproductive power of vibrating sorting machines due to the shift of the oscillation phases. A methodology for assessing the influence of displacement of oscillation phases on the characteristics of changes in the power of the sorting machine is presented. The possibility of reducing the unevenness of productive (active) power when sorting bulk materials with a simultaneous decrease in its peak value by almost thirty percent has been proved.

Bulk material sorting, building materials, vibrations, phase, mixing, self-neutralization, reactive, active power.