

$$\begin{cases} U_{я}(t) \leq U_{я2}, U_3(t) \leq U_{32}; \\ I_{я}(t) \leq I_{я2}, I_3(t) \leq I_{32}; \\ T(t) \leq T_2, v(t) \leq v_2, \end{cases}$$

де $U_{я}(t)$, $U_3(t)$ – значення напруги якоря і збудження за певний період часу; $I_{я}(t)$, $I_3(t)$ – значення струму якоря і збудження за певний період часу; $T(t)$ – значення температури за певний період часу; $v(t)$ – значення вібрації за певний період часу.

При роботі системи отримані дані одного зі значень порівнюються з граничними. У разі перевищення граничних значень протягом певного періоду часу, який визначається обслуговуючим персоналом, система сигналізує про можливу поломку.

Аналіз значень електромагнітних параметрів та дослідження робочих характеристик дозволяє розробити метод для прогнозування ймовірного виходу з ладу МПС, враховуючи види дефектів основних конструктивних елементів в процесі старіння. Запропонований метод оцінки працездатності є практичним і не вимагає змін у самій ЕМ, тобто не порушує її конструкцію. Він не обходиться без втручання людини в роботу діагностичного комплексу, але більш дешевий і мобільний, ніж повністю автоматизовані системи, які також вимагають періодичних налаштувань.

Список літератури

1. Кушпіль А.А., Прус В.В. Засоби забезпечення точності вимірювань контрольованих параметрів у складі комплексу для дослідження процесів старіння електричних машин // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2010 (63). Частина 2 – с. 121-125.
2. Буряк С.Ю., Маловічко В.В., Рибалка Р.В. Використання простору станів для створення моделі стрілочного двигуна постійного струму // Автоматика, телемеханіка, зв'язок. Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2012. – №29. – с. 20-23
3. Устенко О.В., Сушко Д.Л. До оцінки експлуатаційної надійності тягових двигунів постійного струму // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – №4. – с. 88-92.
4. Ломонос А. И., Родькин Д. И., Мосюндз Д. А. Электротехнические комплексы с накопителями энергии для исследования электрических машин // Электромеханичні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 4/2012(20). – С. 36-42.
5. Гельдаш А.О. Моделирование элементов тяговых двигунів локомотивів для подальшого визначення їх ресурсу // Рухомий склад залізниць. Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2012. – вип. 134 – с. 109-118

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Сінчуком О.М.

УДК 62-531.7

А.В. Садовой, д-р техн. наук, профессор

Днепродзержинск, Днепродзержинский государственный технический университет

В.В. Осадчий, канд. техн. наук

Запорожье, Запорожский национальный технический университет

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН

В горно-обогатительной, металлургической, строительной, пищевой, химической и других отраслях промышленности Украины широко применяются дебалансные и эксцентриковые вибровозбудители, что свидетельствует об их широких, а в некоторых случаях уникальных технологических возможностях [1]. Вместе с тем, энергетическая эффективность вибрационных технологических агрегатов оставляет желать лучшего [2].

В первую очередь это связано с тяжелыми условиями пуска, что влечет за собой повышение мощности приводных двигателей, работающих в рабочем режиме с существенным недогрузом (примерно 50–60% от номинала). Во вторых, в большинстве случаев, с завышенной механической мощностью вибровозбудителя по отношению к мощности, требуемой самой технологией, с целью минимизации влияния технологической нагрузки на режим работы виброагрегата. И в третьих – большой трудоемкостью и материалоемкостью механической реализации регулируемых по амплитуде, направлению и гармоническому составу колебаний рабочего органа вибровозбудителей, обеспечивающих интенсификацию вибрационных технологических процессов [3].

Повышение энергоэффективности виброагрегатов, как показано в работе [4] на примере дебалансных вибровозбудителей, возможно путем применения управляемых вибрационных машин. На основе

анализа [5] и классификации систем управляемых виброприводов видно, что для дебалансных вибровозбудителей используют кинематически сложные механизмы, что влечет за собой удорожание изделия и повышение расходов на его эксплуатацию.

В качестве источника механической энергии для виброагрегатов с дебалансными и эксцентриковыми вибровозбудителями чаще всего используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для двигателей малой мощности применяется прямой пуск, для двигателей средней мощности – автотрансформаторный. Как известно, кратность пускового момента асинхронных двигателей составляет порядка 1,1...1,3, в то время как кратность пускового тока находится в пределах 4...6, кроме того, применение пуска при пониженном напряжении с целью снижения пускового тока еще более усугубляет картину в связи с линейной зависимостью пускового тока и квадратичной зависимостью пускового момента от напряжения питания двигателя. С другой стороны, для преодоления момента, обусловленного силой тяжести в дебалансных вибровозбудителях, и момента, обусловленного жесткостью упругих элементов в эксцентриковых вибровозбудителях, необходим пусковой момент двигателя, превышающий (иногда в несколько раз) момент, необходимый в рабочем режиме. Одним из решений указанного выше противоречия может быть применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода, который стремительно развивается на протяжении последних двух десятилетий. Результатом данного развития является как создание высокодинамичных электроприводов [6], практически не уступающих приводам постоянного тока, так и широкая номенклатура недорогих частотных преобразователей, обеспечивающих жесткие зависимости между выходной частотой и напряжением.

С учетом сказанного раньше, разработка регулируемого электропривода вибрационных машин, обеспечивающего максимальное использование установленной мощности двигателей, и возможность поддержания требуемых параметров колебаний является актуальной задачей.

Применение регулируемого электропривода для вибрационных машин рассмотрим на примере четырехдебалансного вибровозбудителя, подробно описанного в работе [7]. Объединение на одной подвижной платформе двух вибровозбудителей направленного действия (рис 1, а), которые генерируют возмущающие силы F_1 и F_2 с фазовым сдвигом, обусловленным поворотом на угол α дебалансов одной пары относительно дебалансов другой пары, позволяет изменять амплитуду суммарной возмущающей силы F_Σ (рис. 1, б).

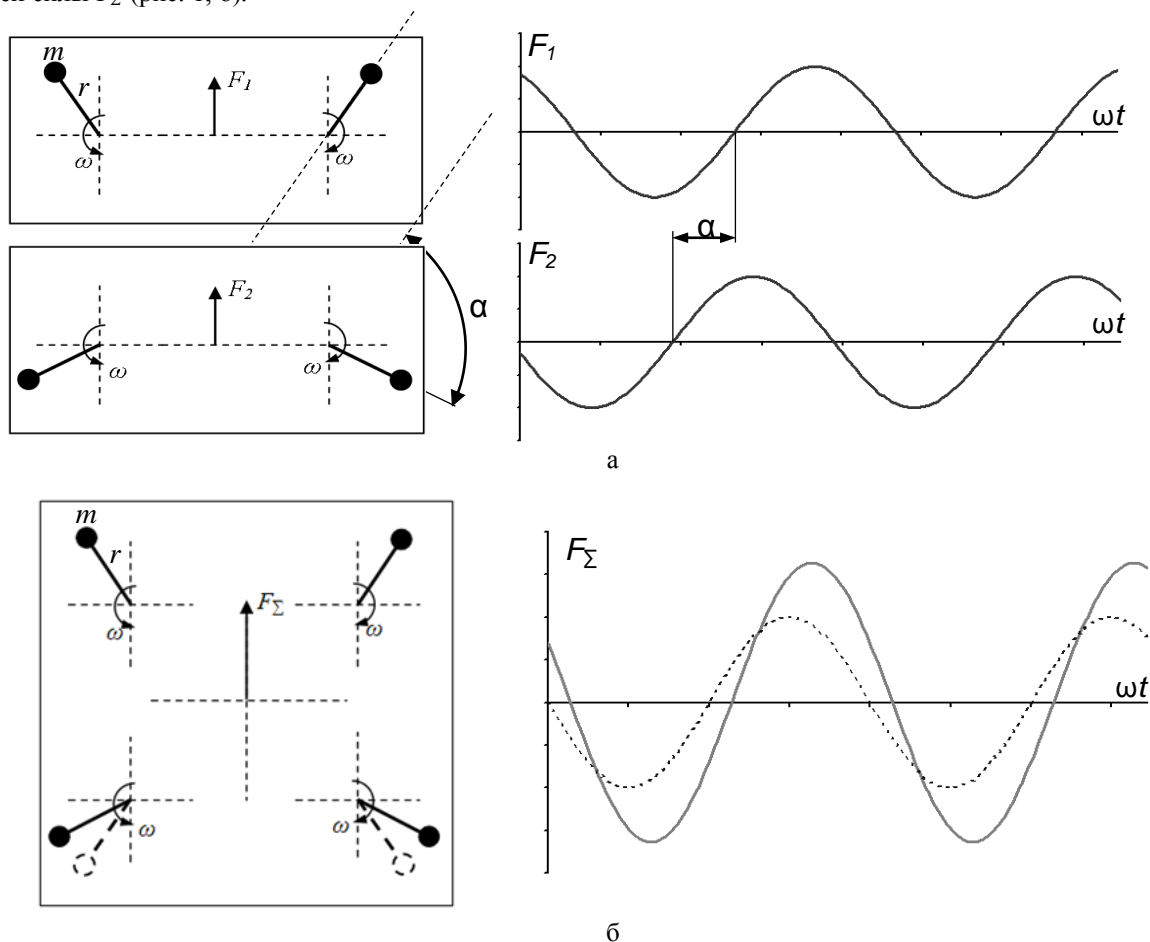


Рис. 1. Диаграммы действия сил регулируемого дебалансного вибровозбудителя

При условии равенства масс m и эксцентриситетов r дебалансов и постоянной угловой скорости ω возмущающие силы вибровозбудителей направленного действия изменяются по гармоническому закону

$$\begin{cases} F_1(t) = 2\omega^2 r \cos(\omega t); \\ F_2(t) = 2\omega^2 r \cos(\omega t + \alpha). \end{cases} \quad (1)$$

При этом суммарная возмущающая сила четырехдебалансного вибровозбудителя определяется следующим выражением:

$$F_{\Sigma}(t) = 4\omega^2 r \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \cos\left(\omega \cdot t + \frac{\alpha}{2}\right), \quad (2)$$

т.е. изменение угла α в диапазоне $[0; \pi]$ позволяет регулировать амплитуду возмущающей силы от 0 до $4\omega^2 r$.

Один из возможных вариантов регулирования амплитуды колебаний эксцентрикового вибровозбудителя непосредственно в процессе работы приведен на рис. 2.

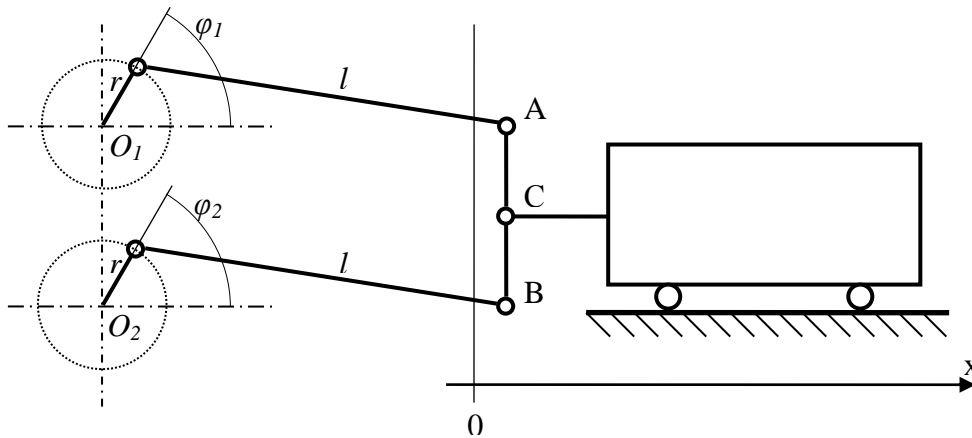


Рис. 2. Схема регулируемого эксцентрикового вибровозбудителя

Координата точки C, жестко связанной с рабочим органом, при $AC = BC$ запишется так

$$x_C = \frac{1}{2}(x_A + x_B), \quad (3)$$

а координаты точек A и B при $l \gg r$ — следующим образом:

$$x_A = r \cdot \cos \varphi_1; \quad x_B = r \cdot \cos \varphi_2 \quad (4)$$

Управляя движением эксцентриков в соответствии с зависимостями

$$\varphi_1 = \omega \cdot t; \quad \varphi_2 = \omega \cdot t + \alpha, \quad (5)$$

где α — угол, определяющий взаимное расположение эксцентриков, получим

$$x_C(t) = r \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \cos\left(\omega \cdot t + \frac{\alpha}{2}\right), \quad (6)$$

т.е. изменение угла α в диапазоне $[0; \pi]$ позволяет регулировать амплитуду колебаний рабочего органа от 0 до r .

Таким образом, применение для рассмотренных дебалансного и эксцентрикового вибровозбудителей замкнутого регулируемого электропривода, обеспечивающего заданное взаимное расположение механизмов, позволяет регулировать амплитуду колебаний непосредственно в процессе работы виброагрегата.

Кроме того, применение регулируемого электропривода дает возможность создания на его основе замкнутой системы автоматического управления, позволяющей поддерживать требуемые значения не только таких координат вибровозбудителя, как угловая скорость вращения и фаза, но и технологические параметры виброагрегата, например, скорость вибротранспортирования. В связи с этим открываются широкие перспективы использования дебалансного и эксцентрикового вибропривода в автоматизированных технологических комплексах, где сегодня в подавляющем большинстве случаев используется

электромагнитный вибропривод благодаря простоте регулирования амплитуды колебаний путем изменения величины подводимой электрической мощности.

Как известно [3], при создании энергоэффективных вибрационных машин на первый план выходит влияние технологической нагрузки и корректное её математическое описание, тем не менее, в современных работах [8, 9], посвященных динамике виброоборудования, при достаточно детальном математическом описании механической части технологическая нагрузка учитывается весьма упрощенно. Следовательно, в плане энергосбережения актуальны комплексные исследования, учитывающие не только прямое влияние привода на технологическую нагрузку, что справедливо для источника неограниченной мощности, но и обратное влияние технологической нагрузки на регулируемый электропривод.

По сути, задачей замкнутого регулируемого электропривода вибрационных машин с дебалансными и эксцентриковыми вибровозбудителями является обеспечение синхронного вращения механизмов с их заданным взаимным расположением. Исследование процесса синхронизации дебалансных вибровозбудителей за счет взаимодействия через подвижную платформу детально описаны в работе [10], но, по мнению авторов статьи, недостаточно внимания уделено влиянию технологической нагрузки на синхронный режим работы. В настоящее время практически отсутствуют исследования в области обеспечения синхронной работы механизмов вибрационных машин средствами замкнутого регулируемого электропривода, синтеза регуляторов и поиска границ устойчивости синхронного режима, без чего невозможно создание высокоэффективных вибрационных машин.

Следует отметить, что при внешней простоте рассмотренных регулируемых вибровозбудителей, расчет их динамики и реализация на практике осложняется взаимным влиянием электроприводов и существенной нелинейностью их взаимосвязи. Кроме того, невозможность детального анализа широкого спектра дестабилизирующих факторов не позволяет использовать для синтеза регуляторов классические методы, что требует специального подхода, позволяющего создать управляющую часть системы, обеспечивающую требуемые точность и быстрдействие при неполной априорной информации о параметрах и свойствах объекта управления.

Открытым также остается вопрос определения взаимного положения вращающихся механизмов, так как для этого нужны специальные датчики, которые обеспечивали бы требуемую точность и виброустойчивость, при невысокой их стоимости по сравнению со стоимостью всего виброагрегата.

Выводы

Применение замкнутого регулируемого электропривода для дебалансных и эксцентриковых вибровозбудителей, обеспечивающего заданное взаимное расположение механизмов, позволяет осуществлять регулирование амплитуды колебаний непосредственно в процессе работы виброагрегата.

Повышение энергоэффективности вибрационных машин возможно только при комплексном рассмотрении процессов преобразования энергии в электромеханическом комплексе «регулируемый электропривод – вибровозбудитель – виброагрегат – технологическая нагрузка».

Поиск условий устойчивости синхронного вращения механизмов вибрационных машин, обеспечиваемого замкнутым регулируемым электроприводом, с учетом влияния технологической нагрузки является перспективным направлением развития теории вибрационных машин и автоматизированного электропривода.

Список литературы

1. Потураев В.Н. Вибрационные транспортирующие машины [Текст] / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, А.Г. Червоненко. – М.: Машиностроение, 1964. – 272 с.
2. Картавый А.Н. Развитие научных основ повышения энерго- и ресурсоэффективности технологических агрегатов перерабатывающих комплексов горных предприятий: автореф. дис. докт. техн. наук [Текст] / А.Н. Картавый; НУ «Горный». - С.Пб., 2012. – 40 с.
3. Спивакоский А.О. Вибрационные конвейеры, питатели и вспомогательные устройства [Текст] / А.О. Спивакоский, Н.Ф. Гончаревич. – М.: Машиностроение, 1972. – 328 с.
4. Сердюк Л.И. Основы теории, расчет и конструирование управляемых вибрационных машин с дебалансными возбудителями: автореф. дис. докт. техн. наук [Текст] / Л.И. Сердюк; ХПИ. – Х., 1991. – 48 с.
5. Чубик Р.В. Керовані вібраційні технологічні машини [Текст] / Р.В. Чубик, Л.В. Ярошенко – Вінниця: ВНАУ, 2011. – 355 с.
6. Садовой А.В. Релейные системы оптимального управления электроприводами [Текст] / А.В. Садовой, Б.В. Сухинин, Ю.В. Сохина, А.Л. Дерез. – Днепропетровск: «ДГТУ», 2011. – 337 с.
7. Осадчий В.В. Регульований електропривод дебалансного вібровбуджувача [Текст] / В.В. Осадчий, І.В. Батраченко, Д.В. Микитюк // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук: КрНУ. – 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С. 194-197.
8. Засельский В.И. Инерционные грохоты с неоднородными колебаниями. Монография [Текст] / В.И. Засельский – Д.: Пороги, 2007. – 144 с.
9. Савлук С.В. Обґрунтування параметрів забезпечення синхронізації двухвальних інерційних вібровбуджувачів: автореф. дис. канд. техн. наук [Текст] / С.В. Савлук; ДВНЗ «НГУ». – Дніпропетровськ, 2012. – 20 с
10. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем [Текст] / И.И. Блехман – М.: Наука, 1971. – 894 с.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Беитою О.С.