

Левченко Э. П.
к.т.н., доцент,
Бойко Н. З.
к.т.н., доцент,
Ткачев Р. Ю.
к.т.н., доцент,
Бойко Е. А.

старший преподаватель

Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР

УПРАВЛЕНИЕ СЖИМАЮЩИМИ УСИЛИЯМИ НА МАТЕРИАЛ С ЭЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ТОЛКАТЕЛЕЙ ДИСКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Для повышения эффективности дисковых дробильно-измельчительных машин широко используются различные конструктивные приемы усовершенствования их конструкций, при этом одним из подходов является периодическое наложение сжимающих усилий на измельчаемый материал [1]. На сегодняшний день известно два основных способа создания таких условий в рабочей камере машины: механическое сжатие за счет организации качания одного или всех дисков посредством толкателей, как правило кулачкового типа; обеспечение качания дисков с помощью гидро- или пневмоцилиндров или электромагнитных толкателей.

Преимуществом первого способа является простота реализации, но в качестве недостатков выступают низкая надежность конструктивных элементов толкателей и ремонтоспособность, а также существенная инерционность при относительно малой силе создания сжимающих усилий.

Таким образом более перспективным является второй способ, особенно за счет применения гидравлических толкателей в качестве инструмента качания диска, которые позволяют организовать большие силы сжатия материала при работе мельницы (рис. 1).

Поскольку нижний рабочий орган дисковой мельницы совершает колебательное (возвратно-поступательное) движение то вполне очевидно, что золотник также должен совершать колебательное движение определенной частоты и амплитуды. Таким образом, рассмотрим реакцию поршня при синусоидальном перемещении золотника и определим параметры генератора для настройки системы управления [2–4].

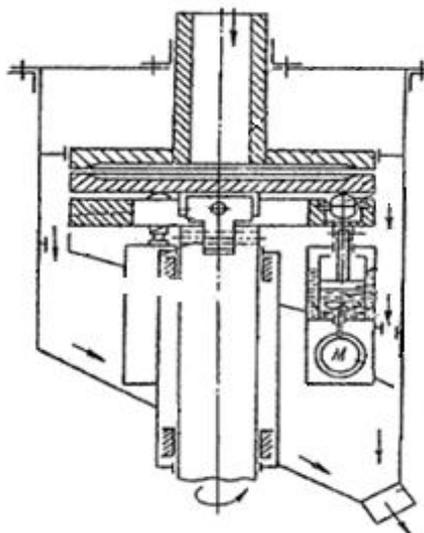


Рисунок 1 — Дисковая машина с гидроприводом качания диска

Изучение движения поршня механизма толкателя описывается уравнением

$$y(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[y_{n-1}^* - (-1)^n \frac{k_v x^*}{\omega} \sqrt{1 + (-1)^n \frac{c_n y_{n-1}^*}{p_0 F_n} (1 - \cos(\omega t))} + \frac{c_n}{p_0 F_n} \left(\frac{k_v x^*}{2\omega} \right)^2 (1 - \cos(\omega t))^2 \right], \quad (1)$$

где k_v — крутизна скоростной характеристики холостого хода гидравлического исполнительного механизма с идеальным золотником; c_n — жесткость внешней нагрузки, приведенная к поршню; y — перемещение поршня; p_0 — постоянная сила, действующая на поршень; F_n — эффективная площадь поршня; ω — частота управляющего сигнала; t — время; x^* — амплитуда колебаний золотника.

Полином (1) определяет вынужденный периодический процесс гидравлического исполнительного механизма, нагруженного пропорциональной нагрузкой. Наибольшее отклонение поршня при позиционной нагрузке будет меньше отклонения холостого хода на величину

$$\Delta y_1 = \left(\frac{k_v x^*}{\omega} \right)^2 \cdot \frac{c_n}{p_0 F_n}. \quad (2)$$

Отношение амплитуды перемещения золотника к частоте его колебаний, при котором сила, развиваемая давлением жидкости, уравновесится внешней пропорциональной нагрузкой при наибольшем отклонении поршня.

$$\kappa = \frac{x^*}{\omega} = \frac{p_0 F_n}{k_v c_n}. \quad (3)$$

Таким образом, гидравлический исполнительный механизм дроссельного управления при синусоидальном перемещении золотника и пропорциональной положительной нагрузке будет работать в режиме двигателя лишь при выполнении условия

$$\frac{x^*}{\omega} < \frac{p_0 F_n}{k_v c_n}. \quad (4)$$

Проведя аналогичный анализ для отрицательной пропорциональной нагрузки

$$\frac{x^*}{\omega} < 0,41 \frac{p_0 F_n}{k_v c_n}. \quad (5)$$

При нарушении условия поршень, дойдя до своего максимального отклонения, определяемого сигналом управления, не будет возвращаться к начальному положению, а будет продолжать движение до упора под действием внешней нагрузки. Исполнительный механизм из-за разрыва непрерывности потока жидкости в гидравлическом тракте потеряет управление.

Амплитудно-частотная характеристика исполнительного механизма запишется в виде

$$A(\omega) = \frac{y_{уст}^*}{x^*} = \frac{k_v}{\omega} \left(1 - \frac{c_n k_v}{4 p_0 F_n} \cdot \frac{x^*}{\omega} \right). \quad (6)$$

График амплитудно-частотной характеристики гидропривода измельчителя приведен на рисунке 2. Для давления $p_0 = 205 \text{ кгс/см}^2$; суммарной площади шести цилиндров $F_n = 800 \text{ см}^2$; жесткости приведенной к поршню внешней нагрузки $c_n = 400 \text{ кг/см}$; крутизне скоростной характеристики холостого хода гидравлического исполнительного механизма с идеальным золотником $k_v = 15,5 \text{ с}^{-1}$ при коэффициенте расхода золотника $\mu = 0,6$.

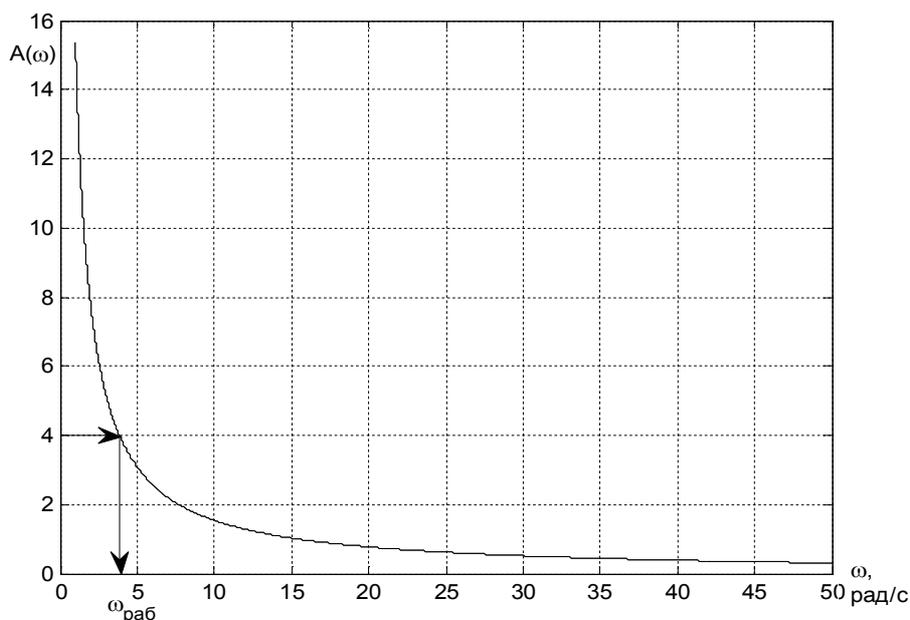


Рисунок 2 — График амплитудно-частотной характеристики разрабатываемого гидропривода дискового измельчителя

Данная кривая сходна с амплитудно-частотной характеристикой идеального интегрирующего звена и является низкочастотным устройством. Рабочий частотный диапазон составляет от 1 рад/с до 30 рад/с (0,16–4,77 Гц), при этом амплитуда колебаний поршней от 14 до 0,5 мм в зависимости от частоты входного управляющего воздействия. Сдвиг по фазе между движением поршня, нагруженного позиционной упругой нагрузкой и перемещением золотника равен $-\pi/2$ и равен фазовому сдвигу в ненагруженном исполнительном механизме.

Список литературы

1. Левченко, Э. П. Гидравлический механизм повышения эффективности работы дисковой мельницы / Э. П. Левченко, А. Н. Тумин, Н. Г. Алферов // Сб. тезисов докл. международной науч.-тех. конф., посвященной 50-ти летию кафедры «Машины металлургического комплекса» ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО «ДонГТУ», 2016. — С. 26–27.
2. Разработка системы управления для реализации вынужденных колебаний рабочей гарнитуры в дисковой мельнице / Э. П. Левченко, А. Н. Тумин, А. Н. Новохатский и др. // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2018. — Вып. 9 (52). — С. 149–154.
3. Расчет вынужденных периодических движений толкателей дисковой мельницы при пропорциональной нагрузке / Э. П. Левченко, А. Н. Тумин, Е. Е. Бизянов и др. // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2018. — Вып. 11 (54). — С. 136–142.
4. Левченко, Э. П. Некоторые особенности гидравлизации дисковой мельницы истирающе-раздавливающего действия / Э. П. Левченко, В. С. Коваленко // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых : сборник тезисов докладов II международной научно-практической конференции. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — С. 76–78.