

До питання про побудову динамічної моделі технологічного процесу переміщення зерна вертикальним ковшовим транспортером (норією)

В статті розглянуто проблему побудови динамічної моделі технологічного процесу переміщення зерна з допомогою вертикального ковшового транспортера (норії). Показано, на прикладі, як основні передатні ланки, впливають на динаміку процесу переміщення зерна норією.

норія, технологічний процес, динамічні навантаження, передатна ланка

Сучасне машинобудування характеризується тенденціями до підвищення продуктивності механізмів та машин, зростання їх робочих навантажень, точності, економічності і надійності.

Задовольнити найкращим чином ці вимоги можна тільки провівши ретельний аналіз перехідних процесів у машині з урахуванням всіх основних силових факторів.

По результатам попередніх досліджень можуть бути заздалегідь передбачені спеціальні регулюючі, демпфуючі і розвантажувальні пристрої, призначення яких – спрощення доведення, налаштування машини, а також підтримання її динамічних характеристик в певних межах у процесі експлуатації [1].

Але можливим є підвищення ефективності роботи тієї чи іншої машини вже під час її використання, не втручаючись у технологію виробництва [2].

Однією із таких машин є вертикальний ковшовий транспортер (норія), що використовується в технологічному процесі (ТП) переміщення зерна.

Побудова динамічної моделі ТП переміщення зерна норією потребує врахування основних передатних ланок, що впливають на якість процесу переміщення.

Зупинимось тільки на деяких із них.

Характеристика асинхронного електродвигуна змінного струму, який приводить в рух норію.

Фізичні процеси, що відбуваються в асинхронних двигунах, описуються складними нелінійними рівняннями [3]. Розглянемо спрощені характеристики прийнятні для дослідження статичних і динамічних режимів.

Кутова швидкість $\dot{q}$ ротора при холостому ході ($M_{\text{д}} \equiv 0$) пропорційна частоті вхідної напруги, яку будемо розглядати як керуючий вхідний параметр.

Співвідношення:

$$\dot{q} = p_{\text{п}}^{-1} \omega_0, \quad (1)$$

де $p_{\text{п}}$ - число пар полюсів статора (являє собою ідеальну характеристику двигуна);

ω_0 – колова частота обертання ротора [1].

Статичну характеристику асинхронного двигуна можна записати в формі уточненої формули Клоса [3,4]

$$M_{\text{д}} = \frac{2M_{\text{к}}(1 + \sigma_{\text{к}})}{\frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma} + \frac{\sigma}{\sigma_{\text{к}}} + 2a\sigma_{\text{к}}}, \quad (2)$$

де $M_{\text{к}}$ – максимальний (критичний) момент;

σ_k – ковзання, що відповідає критичному моменту (рис.1), $\sigma_k = 1 - p_{\Pi} \dot{q} \omega_0^{-1}$;
 α – відношення опору ланцюга статора до опору роторного ланцюга;

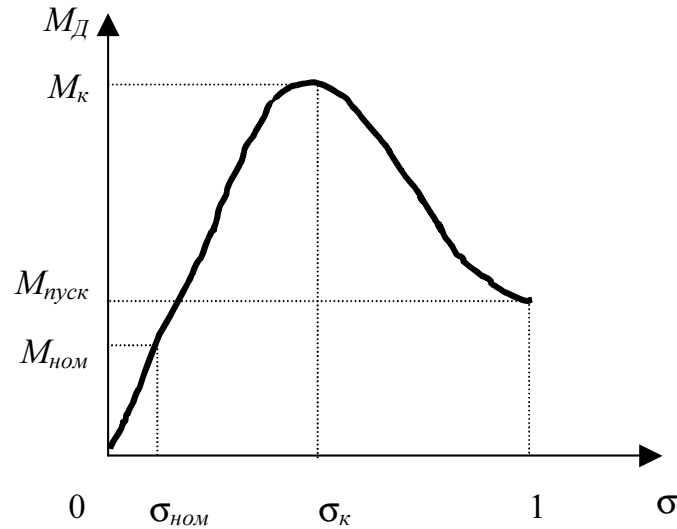


Рисунок 1 – Статична характеристика асинхронного двигуна побудована в координатах M_D і σ :
де $M_{\text{пуск}}$ - пусковий момент; M_k – критичний момент; $M_{\text{ном}}$ – номінальний момент

Величина a та M_k ($M_{\text{макс}}$) визначається по даним каталогів [1].

Величина σ_k визначається із (2) підстановкою в неї $M_D = M_{\text{ном}}$, $\sigma = \sigma_{\text{ном}}$, M_k .

Область значень $\sigma < 0,5\sigma_k$ відповідає робочій ділянці статичної характеристики [1].

Якщо в динамічному режимі значення σ і M_D не виходять за межі цієї ділянки, то можна користуватись лінеаризованою динамічною характеристикою:

$$\tau M + M_D = \frac{2M_k}{\omega_0 \sigma_k} (\omega_0 - p_{\Pi} \dot{q}), \quad (3)$$

де $\tau = (\omega_0 \sigma_k)^{-1}$ - електромагнітна постійна часу електродвигуна

Динамічні навантаження в передатному механізмі.

З метою дослідження динамічних навантажень в передаточному механізмі норії, виконаємо наступну умову:

- в якості узагальнених координат виберемо кут обертання вихідного ланцюга двигуна норії q_0 і кут обертання вхідного ланцюга виконавчого механізму, приведений до валу двигуна, тобто помножений на передатне відношення i .

Цей кут позначимо через q . Тоді різниця $\theta = q_0 - q_1$ є приведена до валу електродвигуна деформація передатного механізму [1], а момент, що виникає в передатному механізмі і прикладений до виконавчого механізму, знайдемо із співвідношення:

$$M_{\Pi} = c\theta + b\dot{\theta} = c(q_0 - q_1) + b(\dot{q}_0 - \dot{q}_1). \quad (4)$$

Використовуючи (4) знайдемо:

$$M_{\Pi} = c(-\Delta + y) + b\dot{y}. \quad (5)$$

Звідси в усталеному режимі:

$$M_{\Pi} = cy + b\dot{y} = \sum_{l=1}^{\infty} \frac{\sqrt{c^2 + b^2 v^2 l^2 L_{Ml} \cos(lvt + x_l)}}{\sqrt{(c - l^2 v^2 J_{M0})^2 + (b + v)^2 l^2 v^2}} \quad (6)$$

На рис.2 представлено форму АЧХ динамічного навантаження, яка визначається з виразу:

$$\frac{|\tilde{M}|_{\max}}{L_{M1}} = \frac{\sqrt{c^2 + b^2 \omega^2}}{\sqrt{(c^2 - J_{mo} \omega^2)^2 + (b + v)^2 \omega^2}}, \quad (7)$$

де L_{M1} – амплітуда гармонічного збурення частоти ω .

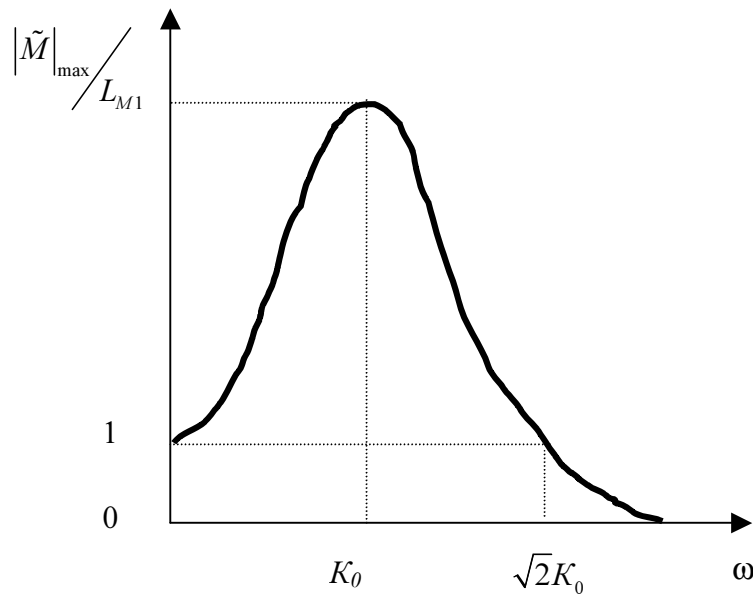


Рисунок 2 – АЧХ для динамічного навантаження

В області резонансу ($\omega \approx K_0$) відбувається різке збільшення динамічного моменту; відношення $|\tilde{M}|_{\max} / L_{M1}$ може коливатись в межах 5-10 [1]. При частоті $\omega = \sqrt{2}K_0$ співвідношення (7) стає меншим одиниці і при збільшенні співвідношення ω / K_0 монотонно спадає, прямуючи до нуля. Ця обставина використовується з метою захисту передаточних механізмів від викидів динамічних навантажень.

Таким чином із сказаного вище можна зробити висновок, що автоматизація ТП переміщення зерна норіями потребує побудови математичної моделі в якій би враховувались всі вище згадані фактори.

Список літератури

1. Динамика машин и управление машинами: Справочник: / В.К. Асташев, В. И. Бабицкий, И. И. Вульсон и др.; Под ред. Г. В. Крейнина.- М.: Машиностроение,– 1988. – 240с.
2. Птушкин А.Т. , Новицкий О. А. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат 1985 . – 318 с.
3. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.,1981. 576с.
4. Вейц В.Л., Коловский М.З., Кочура А.Е. Динамика управления машинных агрегатов. М., 1984. 351с.

В статье рассмотрена проблема построения динамической модели технологического процесса перемещения зерна с помощью вертикального ковшевого транспортера (нории). Показано на примере, как основные передаточные звенья воздействуют на динамику процесса перемещения зерна норией.

In clause the problem of construction of dynamic model of technological process of moving of a grain with the help vertical of the conveyor is considered. Is shown on an example, as the basic transfer parts influence dynamics of process of moving of a grain by the conveyor.

Одержано 10.10.06