

Лабораторна робота №3

Тема роботи: Дослідження динамічних навантажень у механізмі перекидання конвертера

Мета роботи: дослідити динамічні процеси в приводі механізму перекидання конвертера, експериментально і аналітично визначити рівень і характер зміни динамічних навантажень в приводі механізму перекидання конвертера.

Теоретичні положення

З достатньою для практичних розрахунків точністю дослідження динамічних процесів в приводі механізму перекидання конвертера можна проводити по приведеній двохмасовій системі з одним ступенем вільності (рис. 1). Приведення навантажень і параметрів в даному випадку будемо здійснювати до валу механізму повороту конвертера.

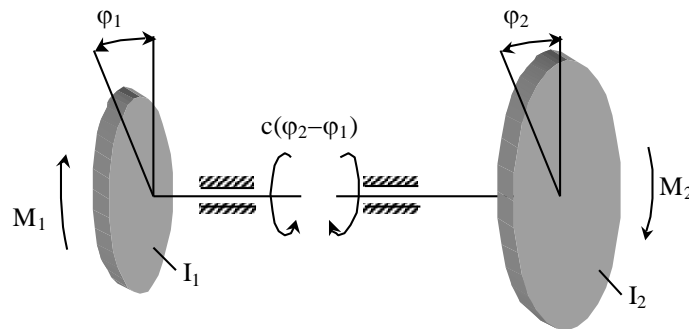


Рисунок 1 - Розрахункова схема механізму перекидання конвертера

Рівняння руху системи мають вигляд:

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 - c(\varphi_2 - \varphi_1) &= M_1; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - c(\varphi_2 - \varphi_1) &= -M_2, \end{aligned} \quad (1)$$

де φ_1, φ_2 - кути повороту мас I_1, I_2 , рад;

M_1 - момент електродвигуна, Нм;

M_2 - момент перекидання конвертера, Нм;

c - коефіцієнт жорсткості, Нм/рад.

Момент перекидання конвертера визначиться як функція від кута повороту корпусу конвертера φ (рис. 2):

$$M_2 = P_{\text{кон}} a \sin \varphi, \quad (2)$$

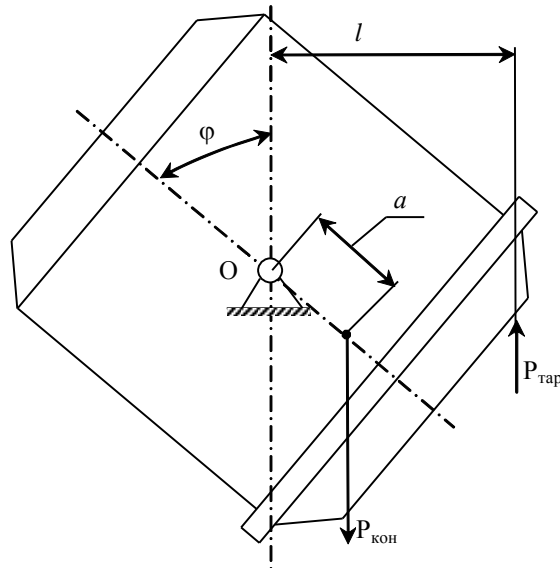


Рисунок 2 - Розрахункова схема до визначення наведеного моменту M_2 перекидання конвертера і тарувального моменту $M_{тар}$

де $P_{кон} = P_k + P_c$ - вага корпусу конвертера і садки (визначається розрахунком), H ;

a – відстань від осі повороту до центру ваги корпусу конвертера і садки (визначається розрахунком);

$\varphi = \omega t$ - кут нахилу корпусу конвертера від вертикальної осі, rad ;

$\omega = \omega_{дв} / U$ - кутова швидкість повороту корпусу конвертера, rad/c ;

$\omega_{дв} = \pi / 30$ - кутова швидкість обертання електродвигуна, rad/c ;

n - частота обертання ротора електродвигуна ($n=960$ об/хв);

U - передаточне відношення редуктора ($U=300$).

Момент M_1 створюється електродвигуном механізму перекидання конвертер:

$$M_1 = (N_{дв} / \omega_{дв}) U \eta, \quad (3)$$

де $N_{дв}$ - потужність електродвигуна ($N_{дв} = 2,5$ кВт);

η - к.к.д. передач ($\eta = 0,6$).

Спільне рішення системи рівнянь (1) і (3) з урахуванням залежності (2) дає вихідне диференціальне рівняння для визначення відносного кута закручування $\varphi = (\varphi_2 - \varphi_1)$:

$$\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_1 = -c \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} (\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{M_1 I_2 - P_{кон} a \sin \omega t I_1}{I_1 I_2}$$

або

$$\ddot{\varphi}_2 - \ddot{\varphi}_1 = -c p^2 (\varphi_2 - \varphi_1) + \frac{M_1}{I_1} + \frac{P_{кон} a \sin \omega t I_1}{I_2}, \quad (4)$$

де $p = \sqrt{c(m_1 + m_2)(m_1 m_2)}$ - власна частота коливань системи.

Рішення диференціального рівняння

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \varphi_1' + \varphi_2' = C_1 \sin pt + C_2 \cos pt + \frac{M_1}{I_1 p^2} + \frac{P_{\text{кон}} a \sin \omega t I_1}{I_2 (p^2 - \omega^2)}. \quad (5)$$

Постійні інтегрування C_1 і C_2 визначаються з початкових умов

$$C_1 = -\frac{P_{\text{кон}} a \sin \omega}{I_2 p (p^2 - \omega^2)} \sin \omega t; \quad C_2 = 0. \quad (6)$$

В результаті відносний кут повороту φ складатиме:

$$\varphi = \frac{P_{\text{кон}} a}{I_2 (p^2 - \omega^2)} \left(\sin \omega t - \frac{\omega}{p} \sin \omega t \right) + \frac{M_1}{I_1 p^2}, \quad (7)$$

а величина відновлюючого моменту в пружному зв'язку буде визначатися виразом

$$M = c \varphi. \quad (8)$$

Коефіцієнт динамічності системи

$$K_o = \frac{p^2 P_{\text{кон}} a I_1}{I_2 M_1 (p^2 - \omega^2)} + 1. \quad (9)$$

Розглянуті залежності (1) - (9) дозволяють з достатньою для практичних розрахунків точністю наближення досліджувати динамічні навантаження в валі приводу механізму повороту конвертера.

Жорсткість вала c можна визначити за формулою (2).

Наведені моменти інерції мас:

$$I_1 = 1,25 I_{\text{об}} U^2 \eta^2; \quad (10)$$

$$I_2 = I_{\text{кон}} + m_{\text{кон}} a^2, \quad (11)$$

де $I_{\text{об}}$ - момент інерції ротора електродвигуна ($I_{\text{об}} = 0,056 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$);

$I_{\text{кон}}$ - момент інерції корпусу конвертера і садки щодо осі його повороту (визначається розрахунком), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$m_{\text{кон}}$ - маса корпусу конвертера і садки (визначається розрахунком), кг .

Лабораторне обладнання

Установка для проведення лабораторної роботи містить в собі діючу модель конвертера 1 з тензOMETричними датчиками 2 на валу 3 конвертера, тензостанцію з осцилографом 4 (рис. 3).

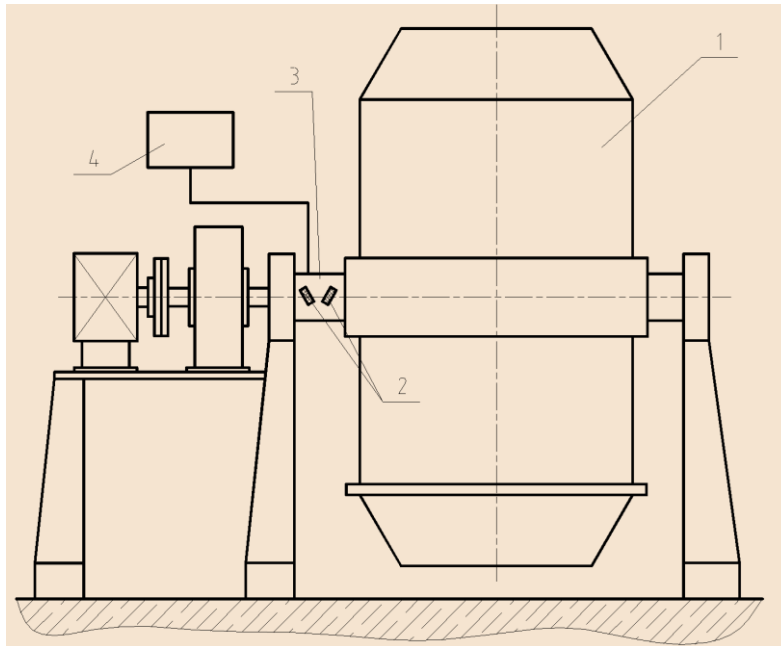


Рисунок 3 - Схема лабораторної установки

Порядок виконання роботи

- 1 Перевірити готовність вимірювальної апаратури.
- 2 Провести тарування тензометричної апаратури. Записати на осцилограф нульову лінію (при вертикальному положенні корпусу конвертера) і при відповідному навантаженні відомим статичним навантаженням, що здійснюється наступним чином: до корпусу конвертера, розташованому горизонтально, на відстані l від осі його повороту прикладається зовнішня сила $P_{тар}$, як показано на рис. 2. Величина моменту від дії сили $P_{тар}$, необхідної для визначення тарувального коефіцієнта навантаження $k_{тар}$, в цьому випадку становить $M_{тар} = P_{тар}l$.
- 3 Записати на осцилограф динамічні навантаження при повороті конвертера на слив, роблячи зупинки в положеннях, відповідних кутах $\varphi=20^{\circ}$ і $\varphi=60^{\circ}$ (поворот в кожному випадку здійснюється з положення конвертера, відповідного $\varphi=0^{\circ}$ (див. рис. 2).
- 4 Визначити розрахунковим шляхом параметри (маси і жорсткості) системи.
- 5 Обробити експериментальні дані, визначивши тарувальний коефіцієнт навантаження, масштаб часу на осцилограмі, максимальну силу в пружному зв'язку (валу), коефіцієнт динамічності і частотні характеристики механічної системи. Результати занести в табл. 1.
- 6 Визначити динамічні і частотні параметри системи для двох положень корпусу конвертера аналітично. Результати занести в табл. 2.
- 7 Зробити зіставлення результатів теоретичних і експериментальних досліджень, визначивши величину похибки розрахунків:

$$K = \left| \frac{K_{\partial(екс)} - K_{\partial(р)}}{K_{\partial(ексн)}} \right| \cdot 100\% .$$

Таблиця 1 - Результати експериментальних досліджень динамічних і частотних характеристик системи механізму перекидання конвертера

$\varphi, ^\circ$	Динамічні характеристики				Частотні характеристики			
	h^* , мм	M_a , Нм	M_{max} , Нм	K_∂	ρ^* , мм	p, c^{-1}	T, c	$f, Гц$

* Результати вимірювань по осцилограмі.

Таблиця 2 Результати аналітичного розрахунку динамічних і частотних характеристик системи механізму перекидання конвертера

$\varphi, ^\circ$	K_∂	p, c^{-1}	T, c	$f, Гц$

Зміст звіту

- 1 Найменування і мета роботи.
- 2 Короткі теоретичні відомості.
- 3 Копія осцилограми навантаження механізму перекидання конвертера.
- 4 Визначення динамічних і частотних характеристик на підставі результатів експерименту.
- 5 Розрахунок динамічних і частотних характеристик аналітично.
- 6 Висновки про зіставлення отриманих експериментальних і теоретичних результатів.

Контрольні питання

- 1 Який вид мають диференціальні рівняння руху наведеної двохмасової системи механізму перекидання конвертера?
- 2 Як визначається момент перекидання конвертера M_2 ?
- 3 Як визначається момент електродвигуна M_1 ?
- 4 Як визначається власна частота коливань двохмасової системи p ?
- 5 Як визначається коефіцієнт динамічності?
- 6 Як визначається жорсткість ділянки вала при крученні?
- 7 Як визначаються наведені маси I_1 і I_2 ?
- 8 Який порядок експериментального визначення динамічних і частотних характеристик системи?

