

ОГРАНИЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ ВЫБОРЕ ЗАЗОРОВ В ПЕРЕДАЧАХ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Введение. Наличие зазоров в механической части ЭМС может приводить к повышенным динамическим нагрузкам при его выборе. Для механизмов с большими моментами инерции рабочего органа J_2 (механизмы горизонтального перемещения, особенно поворота) очень важно исследовать явления, проявляющиеся при наличии зазора. Это имеет особое значение для режимов пуска и реверса таких механизмов.

Постановка задач исследования. Целью исследования является разработка рекомендаций по ограничению динамических нагрузок при выборе зазоров во время переходных процессов.

Исходные уравнения двухмассовой механической части (ДМЧ) для второго этапа после выбора зазора, если пренебречь потерями на деформацию [1],

$$\begin{aligned} M - M_{12} &= J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2}; \\ M_{12} - M_C &= J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Однако при решении этой системы уравнений следует учесть, что к началу второго этапа начальные условия ненулевые; так, при $t = 0$ (отсчёт времени для второго этапа начинается с нуля)

$$M_{12} = 0, \quad \frac{dM_{12}}{dt} = C_{12}\omega_z, \quad \omega_1 = \omega_z, \quad \omega_2 = 0.$$

Решение системы уравнений (1) при этих условиях даёт выражение для момента упругой связи [2]:

$$M_{12} = M_{12\text{ср}}(1 - \cos\Omega t) + C_{12} \frac{\omega_z}{\Omega} \sin\Omega t. \quad (2)$$

Здесь частота колебаний двухмассовой части Ω , ω_z - разность скоростей обеих масс к концу выбора зазора, $M_{12\text{ср}}$ - среднее значение момента, которое передаётся через абсолютно жёсткую кинематическую передачу, когда прикладывается момент M , необходимый для разгона всей ЭМС.

Материалы исследования. Из анализа выражения (2) следует, что в некоторый момент времени t_m наступает максимальное значение момента в упругой передаче $M_{12\text{max}}$, которое существенно влияет на долговечность механического оборудования.

Это максимальное значение момента определяется из (2):

$$M_{12\text{маб}} = M_{12\text{ср}} + \sqrt{M_{12\text{ср}}^2 + \frac{C_{12}^2 \omega_z^2}{\Omega^2}}, \quad (3)$$

а коэффициент динамичности из последнего

$$K_d = \frac{M_{12\text{маб}}}{M_{12\text{ср}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{C_{12}^2 \omega_z^2}{\Omega^2 M_{12\text{ср}}^2}}. \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что при выборе зазоров $K_d > 2$, а степень перегрузки определяется жёсткостью упругих звеньев C_{12} и разностью скоростей ω_z в момент, когда зазор оказывается выбранным. Последняя величина зависит от значения момента двигателя M_1 , если он постоянен, или от характера его изменения на этапе выбора зазора.

Если полагать момент при пуске постоянным, т.е. $M_1 = \text{const}$, то справедливо соотношение

$$\omega_z = \sqrt{2\delta \frac{M_1}{J_1}},$$

где δ - значение эквивалентного зазора, а J_1 - момент инерции первой массы (двигателя). Подставляя в формулу (4) выражения для скорости ω_z и для частоты колебаний Ω [2] двухмассовой механической части, находим:

$$K_d = \frac{M_{12\text{max}}}{M_{12\text{ср}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2\delta C_{12} J_2}{J_1 + J_2} \frac{M_1}{M_{12\text{ср}}^2}}. \quad (5)$$

Для обеспечения допустимого коэффициента $K_{\text{ам}}$ определим из (5) возможное постоянное значение момента двигателя на первом этапе до выбора зазоров:

$$M_1 = \frac{K_{\text{ам}}(K_{\text{ам}} - 2)(J_1 + J_2)}{2\delta C_{12} J_2} M_{12\text{ср}}^2. \quad (6)$$

Из формулы (5) удалось получить универсальное выражение, с помощью которого можно определить коэффициент K_d в функции частоты собственных колебаний двухмассовой механической части (двигатель – механизм) для двигателей разных габаритов, момента инерции механизма и жёсткости упругой связи между ними:

$$K_a = 1 + \sqrt{1 + 2\delta K_1 \cdot \frac{J_1}{M_i} \left(\frac{M_i}{M - M_C} \right)^2} \cdot \Omega^2, \quad (7)$$

где $K_1 = \frac{M_1}{M_H}$ – относительная величина момента двигателя на I этапе.

Для данной группы механизмов установлено $\frac{M_H}{M - M_C} = \text{const}$, для определённой серии двигателей

$\frac{J_1}{M_H} = \text{const}$, поэтому из последнего выражения получаем зависимость $K_d = f(K_1, \Omega)$ для некоторого значения зазора.

На основании последнего соотношения для примера на рис.1. построены наиболее универсальные зависимости произведения $K_1 \cdot \delta = f(\Omega)$ для двигателей серии МТФ $\left(\frac{M_H}{J_1} = 700 \right)$ и механизмов, у которых

$\frac{M - M_C}{M_H} = 1.7$. С их помощью, задаваясь максимально возможным значением зазора δ_{max} и зная допустимый коэффициент динамичности K_d для данного механизма (с определённой собственной частотой колебаний Ω), ориентировочно можно найти наиболее приемлемое постоянное значение момента двигателя M_1 на этапе выбора зазоров.

Выводы. Таким образом, ограничивая динамические нагрузки в кинематических передачах правильным выбором момента M_1 на первом этапе, можно существенно повысить надёжность работы и долговечность механического оборудования.

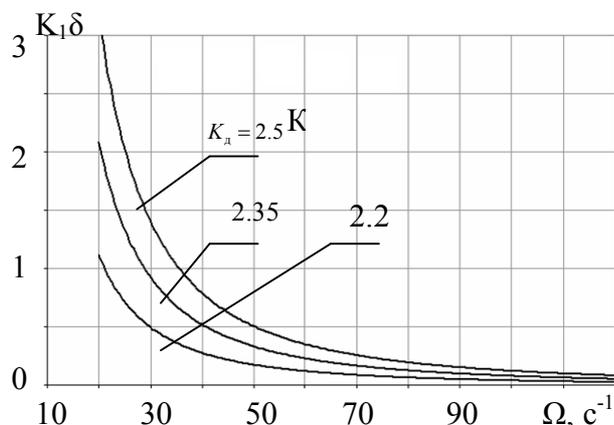


Рис.1. Графики для определения момента двигателя на этапе выбора зазоров

Литература.

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1980. – 360 с.
2. Динамика электромеханических систем механизмов циклического действия: Учеб. пособие/ Р.П. Герасимьяк. – Одесса, 1996. – 48 с.