УДК 621.83

Доктор техн. наук, профессор Зеленов А.Б.
студент 5 курса Лазуренко С.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

ВОЗМОЖНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА РЕДУКТОРА ОТ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Наведено розгляд межових значень оптимального передаточного числа редуктора при певному допустимому зменшенні прискорення механізму.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При выборе передаточного числа редуктора в электроприводе с повторно-кратковременным режимом работы практически всегда надо выбрать редуктор с передаточным числом не равным расчетному оптимальному значению (i_0), так как выпускаемые заводами редукторы имеют определенный ряд передаточных чисел. Отклонение от i_0 при таком выборе всегда приводит к потере максимального ускорения (замедления) механизма $\varepsilon_{м.макс}$, что влияет на производительность рабочей машины.

Анализ исследований и публикаций. В данной статье дается решение задачи по определению возможных отклонений реального передаточного числа редуктора i от расчетного значения i_0 при допустимом снижении ускорения механизма до $\delta\,\varepsilon_{м.макс}$.

Рассмотрим решение поставленной задачи из уравнения движения вала двигателя при пуске ($-M_{см}$) и торможении ($+M_{см}$):

$$KM_н \mp \frac{M_{см}}{i\eta} = \left(I_д + \frac{I_м}{i^2}\right) i\varepsilon_м, \tag{1}$$

где K – кратность пускового или тормозного моментов двигателя по отношению к номинальному моменту $M_н$;
$M_{см}$ – момент статического сопротивления движению на валу механизма;
$I_д$ и $I_м$ – моменты инерции на валу двигателя и механизма.

Из (1) следует, что ускорение механизма при пуске

$$\varepsilon_{МП} = \frac{KM_н i - M_{см}/\eta}{I_д i^2 + I_м}, \tag{2}$$

а при торможении

$$\varepsilon_{МТ} = \frac{KM_н i + M_{см}\eta}{I_д i^2 + I_м}. \tag{3}$$

Среднее значение ускорения механизма $\varepsilon_М$ за пуск и торможение примерно равно:

$$\varepsilon_М = \frac{\varepsilon_{МП} + \varepsilon_{МТ}}{2}. \tag{4}$$

Подставим в (4) значения $\varepsilon_{МП}$ и $\varepsilon_{МТ}$ по (2) и (3), получим после преобразований:

$$\varepsilon_М = \frac{2KM_н i + M_{см}\left(\eta - \frac{1}{\eta}\right)}{2\left(I_д i^2 + I_м\right)}. \tag{5}$$

Исследуя (2) и (3) на экстремум вычислением $\frac{d\,\varepsilon_М}{d\,i} = 0$, можно получить известные соотношения для определения оптимального передаточного числа при пуске ($i_{ОП}$) и торможении ($i_{ОТ}$) [1], а именно:

$$i_{ОП} = \frac{M_{см}}{KM_н\eta} + \sqrt{\left(\frac{M_{см}}{KM_н\eta}\right)^2 + \frac{I_м}{I_д}}; \tag{6}$$

$$i_{ОТ} = -\frac{M_{см}\eta}{KM_н} + \sqrt{\left(\frac{M_{см}\eta}{KM_н}\right)^2 + \frac{I_м}{I_д}}. \tag{7}$$

Изложение материала и его результаты. Для большинства механизмов, работающих в повторно-кратковременном режиме статическая нагрузка по условиям нагрева двигателя не превышает (0,3 – 0,4)

Мн. При этом $\left(\frac{M_{см}}{KM_н\eta}\right)^2 << \frac{I_м}{I_д}$,, что позволяет принять в приведенных выше соотношениях (6) и (7) $M_{СМ} \approx 0$, то есть считать, что для предварительных расчетов

$$i_{ОП} = i_{ОТ} = i_o \cong \sqrt{\frac{I_М}{I_\partial}}\,. \tag{8}$$

Из этих же соображений можно полагать, что в выражении (5) $2KM_н i \rangle\rangle M_{см}\left(\eta - \frac{1}{\eta}\right)$, то есть рассчитывать среднее ускорение механизма как

$$\varepsilon_М = \frac{KM_н i}{I_\partial i^2 + I_М}\,. \tag{9}$$

Соотношение (9) показывает, что $\varepsilon_М = f(i)$ является экстремальной функцией (см. рис. 1), для которой максимальное ускорение $\varepsilon_{м.макс}$ соответствует оптимальной величине передаточного числа редуктора i_0.

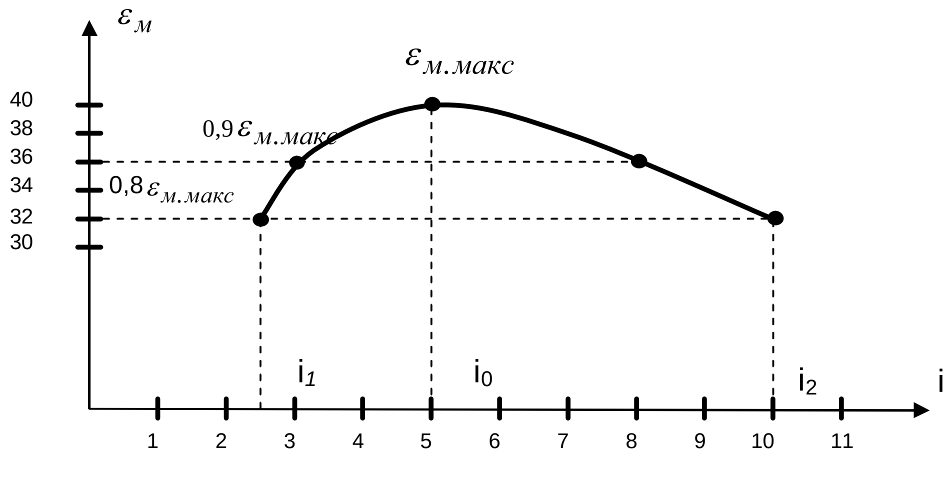

Рисунок 1 – Кривая $\varepsilon_{макс} = f(i)$

Задавшись допустимым уменьшением ускорения $\delta\,\varepsilon_{М.макс}$, можно найти те граничные значения оптимума i_1 и i_2, в пределах которых надо выбирать реальное передаточное число i.

Из (9) для $\varepsilon_М = \delta\,\varepsilon_{М.макс}$ следует, что

$$i^2 - \frac{KM_н}{I_д \cdot \delta\, \varepsilon_{м.макс}} i + \frac{I_м}{I_д} = 0\,.$$

Решение этого квадратного уравнения:

$$i_{1,2} = \frac{KM_н}{2I_д\delta\varepsilon_{м.макс}} \pm \sqrt{\left(\frac{KM_н}{2I_д 8\varepsilon_{м.макс}}\right)^2 - \frac{I_M}{I_д}}\,. \qquad (10)$$

Определим в качестве примера значения i_1 и i_2 для следующих исходных данных: $P_н$ = 42 кВт., $\omega_у$ = 104,7 с$^{-1}$, $I_д$ = 2 Дж · с^2, $I_м$ = 50 Дж · с^2,$M_{см}$ = 930 Дж, $M_н$ = 401 Дж., K = 2, η = 0,93, $M_с$ = 200 Дж.

В соответствии с (8) и (9) i_0 = 5, $\varepsilon_{м.макс}$ = 40,1 с$^{-1}$.

Граничные значения оптимальной передачи в соответствии с (10):

при $\delta = 0{,}9$: i_1 = 3,14, т.е. 0,63i_0; i_2 = 7,98, т.е. 1,6i_0;

при $\delta = 0{,}8$: i_1 = 2,5, т.е. 0,5i_0; i_2 = 10, т.е. 2i_0.

Выводы. Таким образом получены выражения, позволяющие рассчитывать граничные значения, в пределах которых надо сделать выбор реального передаточного числа редуктора при определенном допуске на уменьшение ускорения (замедления) механизма. При выборе передаточного числа лучше принимать ближайшее большее к i_0 значение, так как при этом потери ускорения механизма будут меньше.

В данной статье рассмотрено определение граничных значений оптимального передаточного числа редуктора при известном допустимом уменьшении ускорения механизма.

In the given paper definition of boundary values of an optimum reduction rate of the reducer at known admissible decrease of acceleration the mechanism.

Библиографический список.

1. Зеленов А.Б. Теория электропривода, часть 1: Учебн. пособие для вузов. – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – 394 с.