

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ УПРУГОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Введение. Первоочередной задачей при проектировании технологических машин является ограничение динамических нагрузок, которые наиболее характерны для механизмов, содержащих упругие механические звенья. Амплитуды динамических нагрузок могут превышать установившиеся в несколько раз, а их колебательный характер приводит к усталостному разрушению элементов механических передач и преждевременному выходу машины из строя [1]. Электропривод при определенных условиях позволяет демпфировать упругие механические колебания за счет электромеханической связи процессов.

Постановка задач исследования. Целью исследований является оценка степени влияния показателей электрического демпфирования на колебательность процессов в полной ЭМС.

Материалы исследования. Характер динамических процессов в электромеханической системе электроприводов машин и механизмов определяется реальными свойствами электрической (ЭП) и упругой механической (МП) подсистем [2]. Представление ЭМС двухмассовой моделью позволяет при исследовании дать оценку влияния параметров и характеристик электродвигателя и механической части. На рисунке 1 изображена структурная схема двухмассовой ЭМС привода с общепринятыми обозначениями.

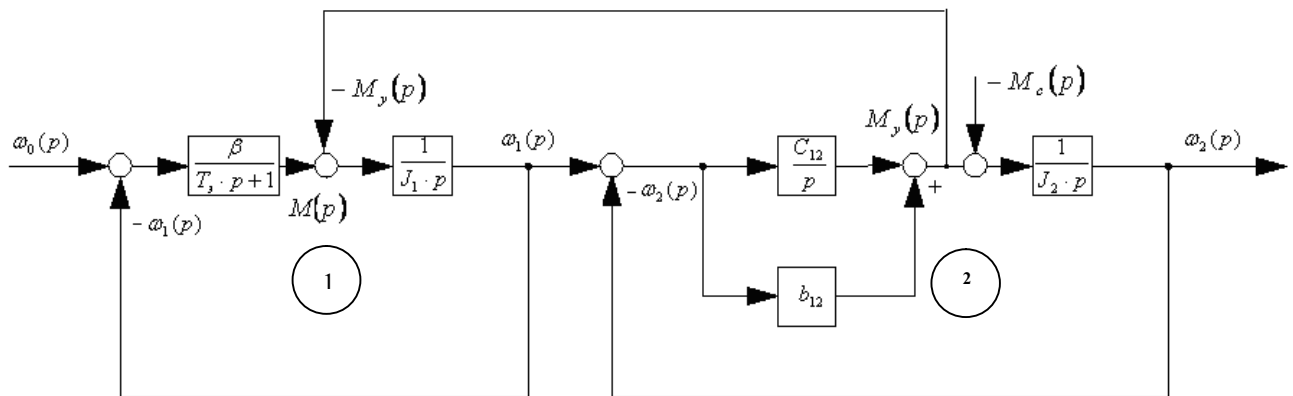


Рис. 1. Структурная схема двухмассовой ЭМС

На основании структурной схемы при допущении, что внутреннее трение - вязкое, получим передаточные функции по управляющему (1) и возмущающему (2) воздействиям:

$$W_o(p) = \frac{\omega_2(p)}{\omega_0(p)} = \frac{D(p)}{Q(p)}; \quad (1)$$

$$W_1(p) = \frac{M_y(p)}{M_c(p)} = \frac{A(p)}{Q(p)}, \quad (2)$$

где $Q(p)$ – характеристический полином.

$$Q(p) = \gamma \cdot T_y^2 \cdot T_{M1} \cdot T_\gamma \cdot p^4 + (\gamma \cdot T_y^2 \cdot T_{M1} + \gamma \cdot T_\gamma \cdot T_{M1} \cdot T_d) \cdot p^3 + [\gamma \cdot T_{M1} (T_d + T_\gamma) + \gamma \cdot T_y^2] \cdot p^2 + \dots + (\gamma \cdot T_{M1} + T_d) \cdot p + 1, \quad (3)$$

где T_{M1} – электромеханическая постоянная времени двигателя механизма;

γ – коэффициент соотношения инерционных масс двигателя и механизма;

$T_\gamma = L_\gamma / R_\gamma$ – электромагнитная постоянная времени обмотки якоря;

$T_y = 1/\Omega_{12}$ – постоянная времени упругих колебаний;

$\Omega_{12} = \sqrt{c_{12} \left(\frac{1}{T_{M1}} + \frac{1}{T_{M2}} \right)}$ – частота свободных недемпфированных колебаний двухмассовой системы.

Выявить закономерности электромеханического демпфирования достаточно просто, если воспользоваться нормированием характеристического уравнения по обобщенным показателям [3]:

$$\gamma \cdot T_y^4 \cdot K_a \cdot p^4 + (2 \cdot \gamma \cdot \sqrt{\hat{E}_a} \cdot \xi_y + 2 \cdot \gamma \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \hat{E}_a \cdot \xi_i) \cdot \dot{\Omega}_0^3 \cdot p^3 + [4 \cdot \xi_y \cdot \xi_i \cdot \gamma \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \hat{E}_a + \gamma \cdot (1 + \hat{E}_a)] \cdot \dot{\Omega}_0^2 \cdot \delta^2 + 2 \cdot (\xi_y \cdot \gamma \cdot \sqrt{\hat{E}_a} + \xi_i \cdot \sqrt{\gamma}) \cdot \dot{\Omega}_0 \cdot \delta + 1 = 0, \quad (4)$$

где K_B - коэффициент электромеханического взаимодействия,

ξ_M - коэффициент демпфирования МП;

ξ_3 - коэффициент демпфирования ЭП.

Проведём исследования степени влияния параметров ЭМС на характер переходного процесса. Демпфирующая способность зависит от расположения корней характеристического уравнения и оценивается по логарифмическому декременту затухания:

$$\lambda = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{\beta}, \quad (5)$$

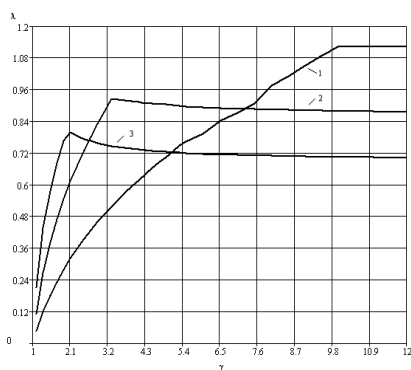
где α и β - соответственно действительная и мнимая часть той пары корней характеристического уравнения, у которых λ меньше.

Рассмотрим зависимость демпфирующей способности электропривода от коэффициента соотношения инерционных масс при различных значениях коэффициента взаимодействия электрической и механической подсистем и допущении, что коэффициент демпфирования МП $\xi_M = 0$ и $\xi_3 = 0.2 = \text{const}$. Производя вариацию вышеуказанных параметров, рассчитываем λ и строим графическую зависимость в пакете прикладных программ Mathcad (рис.2).

Аналогично проведем исследования зависимости демпфирующей способности электропривода от коэффициента взаимодействия электрической и механической подсистем при различных значениях коэффициента соотношения инерционных масс и допущении, что коэффициент демпфирования МП $\xi_M = 0$ и

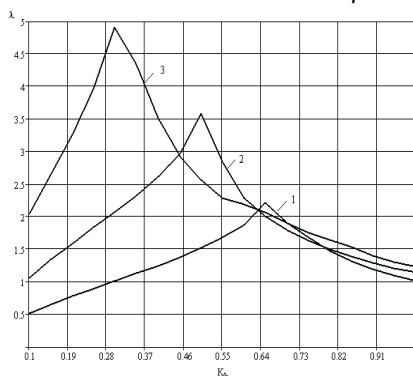
$\xi_3 = \sqrt{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ (рис.3), и зависимости демпфирующей способности электропривода от коэффициента демпфирования в электромагнитной подсистеме при различных значениях коэффициента соотношения инерционных масс,

и допущении, что коэффициент демпфирования МП $\xi_M = 0$ и $K_B = \frac{1}{\gamma}$ (рис.4).



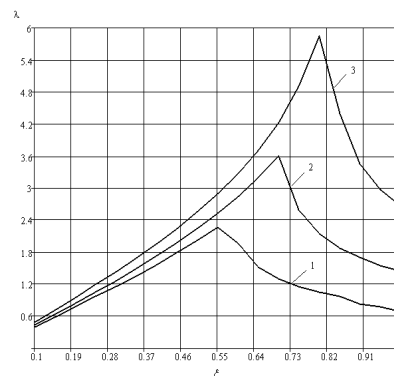
1 - $K_\epsilon=0,1$; 2 - $K_\epsilon=0,3$; 3 - $K_\epsilon=0,5$.

Рис. 2. График зависимости $\lambda = f(\gamma)$ для фиксированных значений K_ϵ



1 - $\gamma = 1.5$; 2 - $\gamma = 2$; 3 - $\gamma = 3$.

Рис. 3. График зависимости $\lambda = f(K_\epsilon)$ при фиксированных значениях γ



1 - $\gamma = 1.5$; 2 - $\gamma = 2$; 3 - $\gamma = 3$.

Рис. 4. График зависимости $\lambda = f(\xi_3)$ при фиксированных значениях γ

Выводы. Для оценки степени влияния параметров ЭМС на демпфирующую способность электропривода удобно пользоваться обобщенными показателями электромеханического взаимодействия K_B , ξ_3 и γ . В результате исследования демпфирующего действия были выявлены границы существенности влияния параметров на демпфирование в ЭМС. Из зависимости, приведенной на рис.2, видно, что γ существенное влияние оказывает только на интервале от 1,4 до 3,5. Экстремум также определяется конкретным значением K_ϵ . Из рис. 3 можно сделать вывод, что экстремум данной функции явно зависит от величины γ и смещается по оси абсцисс в зависимости от величины K_ϵ , но существенным влияние коэффициента K_ϵ будет только в интервале вариации от 0,37 до 0,7. На основании анализа зависимости на рис.4 приходим к выводу, что значение экстремума максимально определяется γ и смещается в зависимости от γ для определенных значений ξ_3 . Наиболее существенное значение данный параметр имеет на интервале от 0.57 до 0.82. Полученные результаты могут быть рекомендованы специалистам при проектировании или модернизации электроприводов прокатного оборудования.

Литература.

1. Ивченко Ф.К. Механика привода технологических машин. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1986. – 152с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 562 с.
3. Задорожний Н.А. Элементы теории электромеханического взаимодействия в двухмассовых системах электропривода с упругими механическими связями. – Краматорск, 2006. – 71с.