

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА ПЕРЕМІЩЕННЯ МОСТОВОГО КРАНУ З ГАСІННЯМ КОЛИВАНЬ ПІДВІШЕНОГО ВАНТАЖУ

Кудін В.Ф. д.т.н. проф., Савченко І.О. магістрант

Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. В даній роботі розглянемо проблему гасіння коливань підвішеного вантажу. Ця проблема стала дуже актуальною на сьогоднішній день[1]. По перше це дуже сповільнює роботу, бо при важких вантажах період простою сягає 30 хв. Інша проблема розгойдування це безпека. Коливальність підвішеного вантажу дуже підвищує ризик травмування людей або псування обладнання.

Постановка задачі. Задана математична модель коливань підвішеного вантажу у вигляді консервативної ланки з електроприводом, що створює динамічний момент (рис.1) [1]. Синтезувати субоптимальний регулятор на базі метода Беллмана-Ляпунова.

Рішення задачі. На рис.1 використовуються наступні позначення: m_1 - Маса візка (мосту); m_2 - Маса вантажу; φ – кут відхилення вантажу від вертикалі; F – динамічне зусилля, прикладена до візка (мосту); M – динамічний момент електропривода; ρ – радіус приведення.

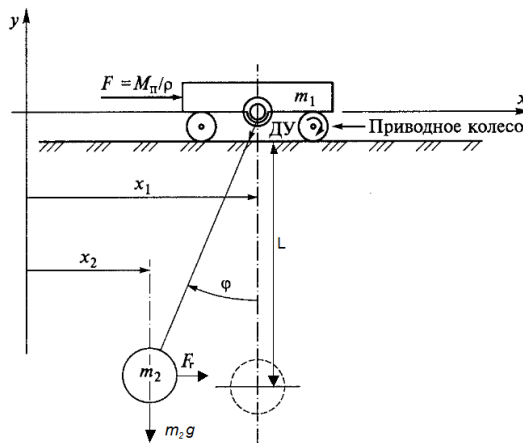


Рисунок 1

Нехтуючи втратами при деформації нитки, рух розглянутої системи можна описати відомими диференціальними рівняннями [2]:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \omega_0^2 \varphi = b_1 F$$

$$\frac{dF}{dt} = -\frac{1}{T_a} F + b_2 u, [u] \leq \bar{u},$$

де $\omega_0 = 1,33 \text{ c}^{-1}$ – частота власних коливань системи (візок-вантаж);

$T_a = 0,05 \text{ c}$ - електромагнітна постійна моменту електроприводу;

$b_1 = 6,54 \times 10^{-4}$, $b_2 = 7,6 \times 10^4$ - коефіцієнти; u - управління.

Запишемо задану систему диференціальних рівнянь в формі Коші:

$$\dot{x}_1 = x_2; \quad x_1 - \varphi;$$

$$\dot{x}_2 = -\omega_0^2 x_1 + b_1 x_3, \quad \text{де} \quad x_2 = \dot{\varphi}.$$

$$\dot{x}_3 = -a_{31} x_3 + b_2 u, \quad x_3 = F, \quad u = f(\sigma) = \sigma^{1/5}$$

Мінімізований функціонал визначається співвідношенням:

$$\min_{\sigma} I = \int_0^{\infty} (a(x_1)x_1^2 + c\sigma^2) dt$$

Тоді функціональне рівняння Беллмана має вигляд:

$$\min_{\sigma} \left[W(x_1, x_2, x_3) + c\sigma^2 + \frac{\partial V}{\partial x_1} x_2 + \frac{\partial V}{\partial x_2} (-\omega_0^2 x_1 + b_1 x_3) + \frac{\partial V}{\partial x_3} (-a_{31} x_3 + b_2 \sigma^{1/5}) \right] = 0$$

Отримаємо рівняння Гамільтона-Якобі-Беллмана та запишемо в часткових похідних[3]:

$$a(x_1)x_1^2 + \frac{\partial V}{\partial x_1} x_2 + \frac{\partial V}{\partial x_2} (-\omega_0^2 x_1 + b_1 x_3) - \frac{\partial V}{\partial x_3} a x_3 = \frac{q^2(a)b_2^2}{4c} \left(\frac{\partial V}{\partial x_3} \right)^2$$

Система рівнянь Ріккаті має вигляд:

$$a(x_1) - 2k_{21}\omega_0^2 = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{31}^2,$$

$$2k_{21} = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{23}^2,$$

$$2b_1 k_{13} = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{33}^2,$$

$$k_{13} - b_1 k_{12} - a_{31} k_{32} = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{31} k_{32},$$

$$k_{13} - b_1 k_{12} - a_{31} k_{32} = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{32} k_{33},$$

$$k_{12} b_1 - \omega_0^2 k_{23} - a_{31} k_{31} = \frac{q^2(a)b_2^2}{c} k_{13} k_{33},$$

Провівши ряд перетворень, в відповідності з методом приведеним в [3], отримуємо нелінійний закон управління:

$$u = -\text{sign} \left[k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + (k_{21} x_1^2 + k_{22} x_2^2) \times (k_{31} x_1 + k_{32} x_2 + k_{33} x_3) \right]$$

Висновки: в даній роботі розглядалась електромеханічна система переміщення мостового крану з гасінням коливань підвішеного вантажу. Для отримання бажаного результату була проведена процедура синтезу субоптимального нелінійного керування крановим механізмом переміщення с урахуванням гасіння коливання транспортного вантажу. Порівнюючи отримані результати, бачимо, що отриманий результат забезпечує вирішення поставленої задачі.

Перелік посилань

1. Герасимьяк Р.П., Лещёв В.А. Анализ и синтез крановых электромеханических систем. – Одесса, СМІЛ, 2008. – 192с
2. Герасимьяк, Р. П. Электроприводы крановых механизмов / Герасимьяк Р. П., Параил В. А. – М. : Энергия, 1970. – 136 с.
3. Кудін в.ф, Колесніченко с.п., Субоптимальное нелинейное управление по критерию быстродействия на основе метода Беллмана – Ляпунова. – Радіоелектроніка Інформатика Управління, Запоріжжя, 2011.