

деления (БД). Функциональная схема ДФР приведена на рис. 2.

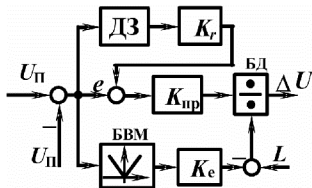


Рисунок 2 – Функциональная схема фаззи-регулятора

Вначале, пока действительное перемещение S_{II} не достигнет значения S_H (путь движения с пониженной скоростью V_H), движение осуществляется

только за счет управляющего сигнала $U_{C.H}$ на выходе ЗИ. После этого вступает в работу задающая модель ЗМ-2, реализующая основную часть диаграммы скорости. Этот процесс протекает до тех пор пока разность между заданным перемещением S_m и действительным S_{II} не достигнет определенной величины S_k (в этот момент сигнал на выходе ЗМ-2 равен нулю).

Заключительная часть диаграммы скорости снова реализуется за счет сигнала ЗИ.

На рис. 3 приведены графики изменения заданных значений скорости и ускорения в период одного рабочего цикла.

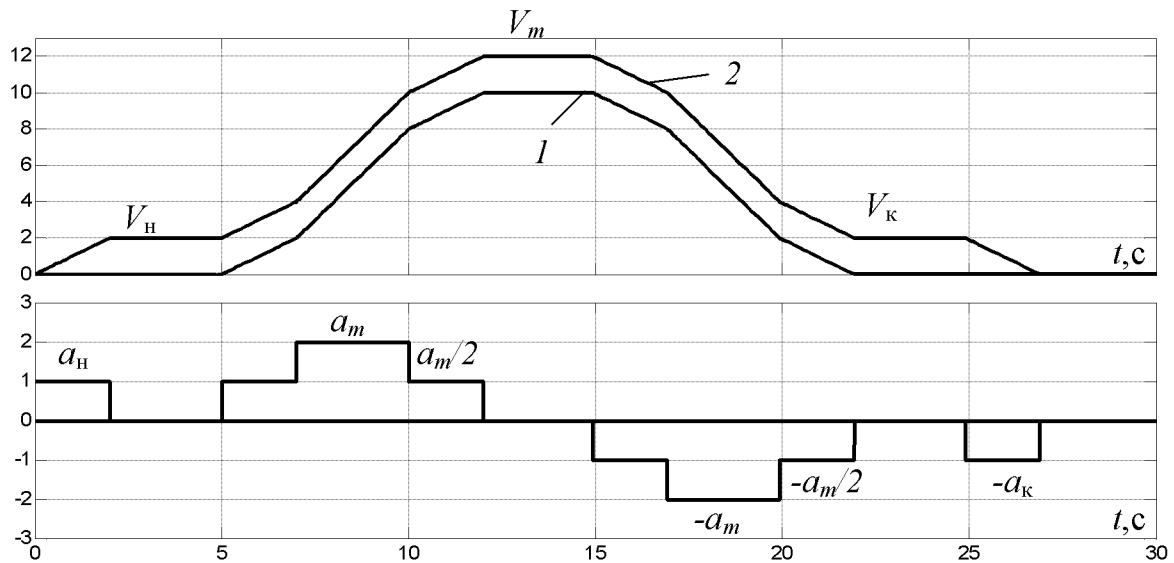


Рисунок 3 – Заданные сигналы диаграмм скорости и ускорения: 1 – диаграмма скорости формируемая ЗМ-2, 2 – полная диаграмма скорости

Заданными величинами являются: максимальная ограничиваемая скорость $V_{m.o}$, ограничиваемое основное ускорение α_m , ускорение первой ступени $a_1 = \alpha_m / 2$; время действия первой ступени ускорения t_1 ; скорость в момент перехода ускорения с первой на вторую ступень V_a .

Максимальная скорость V_m зависит от граничного положения $S_{m.e} = 8V_a^2 / \alpha_m$:

$$V_m = \begin{cases} (V_a^2 + \alpha_m S_m) - V_a & \text{при } S_m \geq S_{m.e}; \\ (0,5\alpha_m S_m)^{1/2} & \text{при } S_m < S_{m.e}. \end{cases} \quad (1)$$

Если рассматривать колебания перемещения конечных грузов подъемной установки относительно вращения вала двигателя, то на упругую механическую систему нужно прикладывать динамическое усилие $F_{дин}$, а реакцию на это усилие оценивать по динамическим усилиям на концах поднимающегося и опускающегося ветвей канатов F'_{1y} и F''_{1y} . Исследование удобно выполнять по Simulink – модели, представленной на рис. 4.

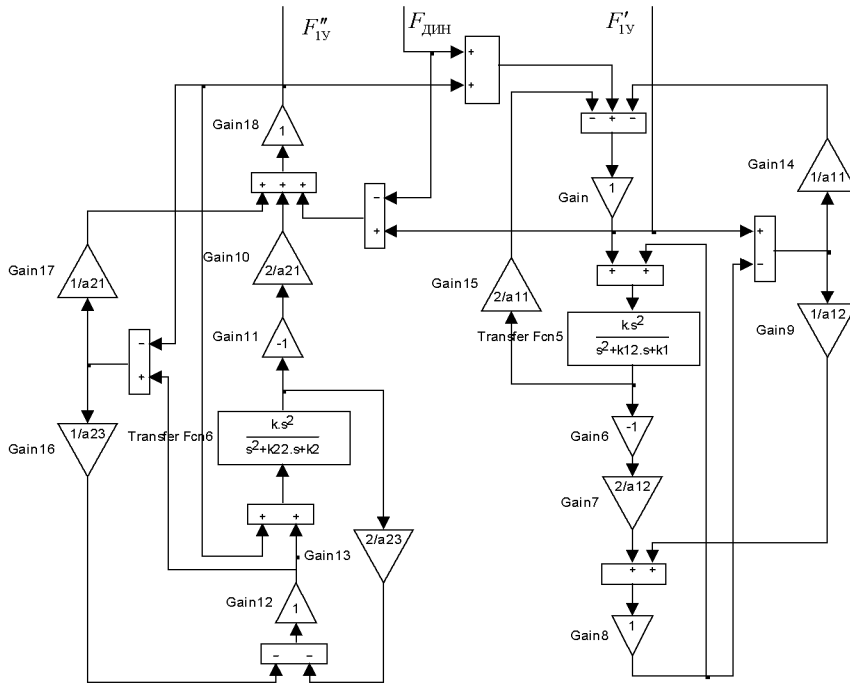


Рисунок 4 – Simulink – модель упругой системы шахтного подъема

При аналитическом описании динамически подъемной установки по структурной схеме должны использоваться следующие параметры:

m_1 – масса приведенных к окружности ведущего шкива всех вращающихся звеньев, кг;

m_2, m_3 – соответственно массы поднимающего и опускающегося подъемных сосудов, кг;

l_{K1}, l_{K2} – соответственно длины поднимающей и опускающейся ветвей канатов, м;

m_{K1}, m_{K2} – массы ветвей канатов, как абсолютно твердых тел, кг;

$$\alpha_{11} = m_{K1} / m_1, \quad \alpha_{12} = m_{K1} / m_2,$$

$\alpha_{21} = m_{K2} / m_1, \quad \alpha_{22} = m_{K2} / m_2,$ – отношения масс соответствующих звеньев;

$$W'_K = \frac{\pi^2}{8} p^2 / (p^2 + \mu_K b_{K1}^2 p + b_{K1}^2),$$

$$W''_K = \frac{\pi^2}{8} p^2 / (p^2 + \mu_K b_{K2}^2 p + b_{K2}^2), \quad \text{– переда-}$$

точные функции ветвей канатов, как упруго-вязких звеньев;

$b_{K1} = \pi a_K / l_{K1}, \quad b_{K2} = \pi a_K / l_{K2},$ – парциальные частоты ветвей канатов, рад/с;

μ_K – коэффициент затухания колебаний;

$F_{\text{дв}}$ – усилие (движущее или тормозное), приложенное к канатоведущему шкиву, Н;

F_{CT} – разность статических натяжений ветвей канатов в верхних точках, Н;

F'_{1y}, F''_{1y} – динамические составляющие усилий, обусловленные упругими деформациями канатов, Н;

a_K – скорость распространения упругих деформаций вдоль ветви каната, м/с.

Для стальных канатов принимают $\mu_K = 0,005 - 0,01$ с, $a_K = 4000$ м/с.

При расчете динамики подъемной установки рассматривают наиболее тяжелый режим – период пуска и разгона системы с груженным подъемным сосудом, т.е. когда груженная ветвь имеет максимальную длину, а вторая минимальную. В этом случае в системе возникает двухчастотный колебательный режим.

Операторные выражения для усилий в верхних сечениях поднимающей и опускающей ветвей канатов:

$$F'_{1y}(p) = \frac{F_{\text{дв}}(p)(\gamma_0 p^4 + \gamma_1 p^2 + \gamma_2)}{b_0(p^2 + \omega_{K1}^2)(p^2 + \omega_{K2}^2)}; \quad (2)$$

$$F''_{1y}(p) = \frac{-F_{\text{дв}}(p)(\dot{\gamma}_0 p^4 + \dot{\gamma}_1 p^2 + \dot{\gamma}_2)}{b_0(p^2 + \omega_{K1}^2)(p^2 + \omega_{K2}^2)}; \quad (3)$$

где $b_0 = T_{\text{п1}}^2 T_{\text{о1}}^2 - k_{\text{мп}} k_{\text{м0}} T_{\text{п2}}^2 T_{\text{о2}}^2$;

Постоянные времени упругих механических колебаний:

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{п1}}^2 &= \frac{1}{b_{K1}^2} \left(1 + \frac{4 + \alpha_{11} + \alpha_{12}}{\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{11}\alpha_{12}} \frac{\pi^2}{4} \right); \\ T_{\text{п2}}^2 &= \frac{1}{b_{K1}^2} \left(1 + \frac{1}{1 + \alpha_{12}} \frac{\pi^2}{4} \right); \\ T_{\text{о1}}^2 &= \frac{1}{b_{K2}^2} \left(1 + \frac{4 + \alpha_{21} + \alpha_{23}}{\alpha_{21} + \alpha_{23} + \alpha_{21}\alpha_{23}} \frac{\pi^2}{4} \right); \\ T_{\text{о2}}^2 &= \frac{1}{b_{K2}^2} \left(1 + \frac{1}{1 + \alpha_{23}} \frac{\pi^2}{4} \right); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Коэффициенты динамических нагрузок:

$$k_{mn} = \frac{\alpha_{11}(1 + \alpha_{12})}{\alpha_{11} + \alpha_{12} + \alpha_{11}\alpha_{12}} = \frac{m_{K1} + m_2}{m_{K1} + m_2 + m_1}; \quad (5)$$

$$k_{m0} = \frac{a_{21}(1+a_{23})}{a_{21}+a_{23}+a_{21}a_{23}} = \frac{m_{\kappa 2}+m_3}{m_{\kappa 2}+m_3+m_1}, \quad (6)$$

$$\omega_{\kappa 1}^2 = \frac{d-\sqrt{d^2-4q}}{2}; \quad (7)$$

$$\omega_{\kappa 2}^2 = \frac{d+\sqrt{d^2-4q}}{2}; \quad (8)$$

Моделирование рассматриваемой динамической системы выполнено совместным использованием схем рис. 1, 2, 4. Полученные переходные характеристики приведены на рис. 6.

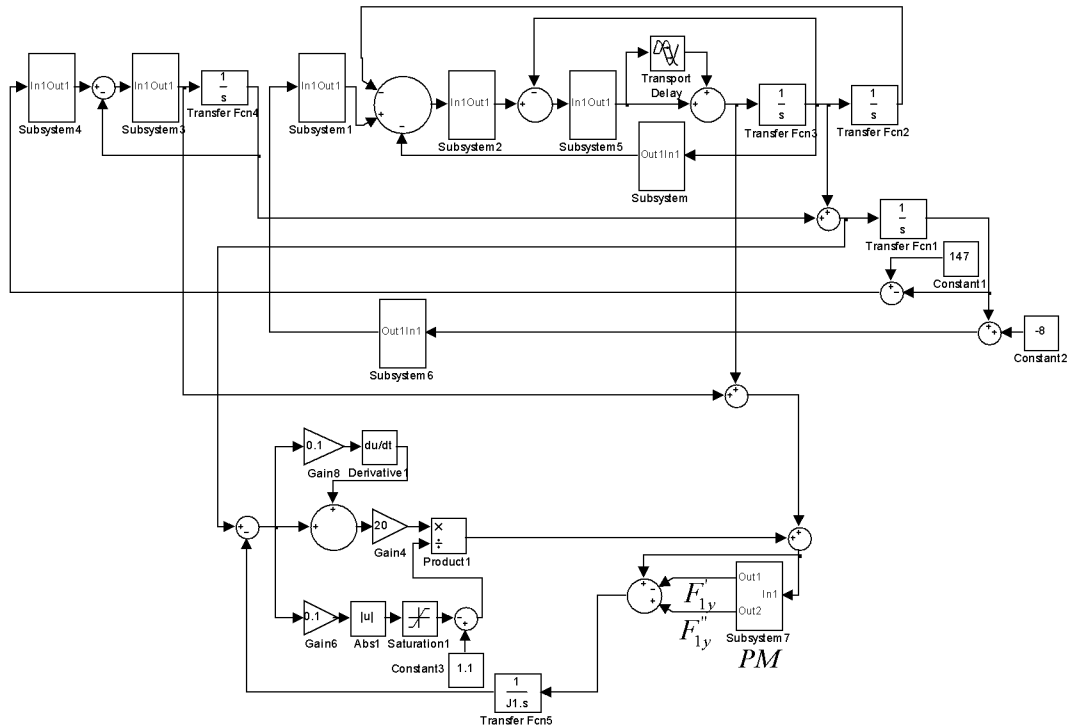


Рисунок 5 – Simulink – модель общей системы шахтного подъема

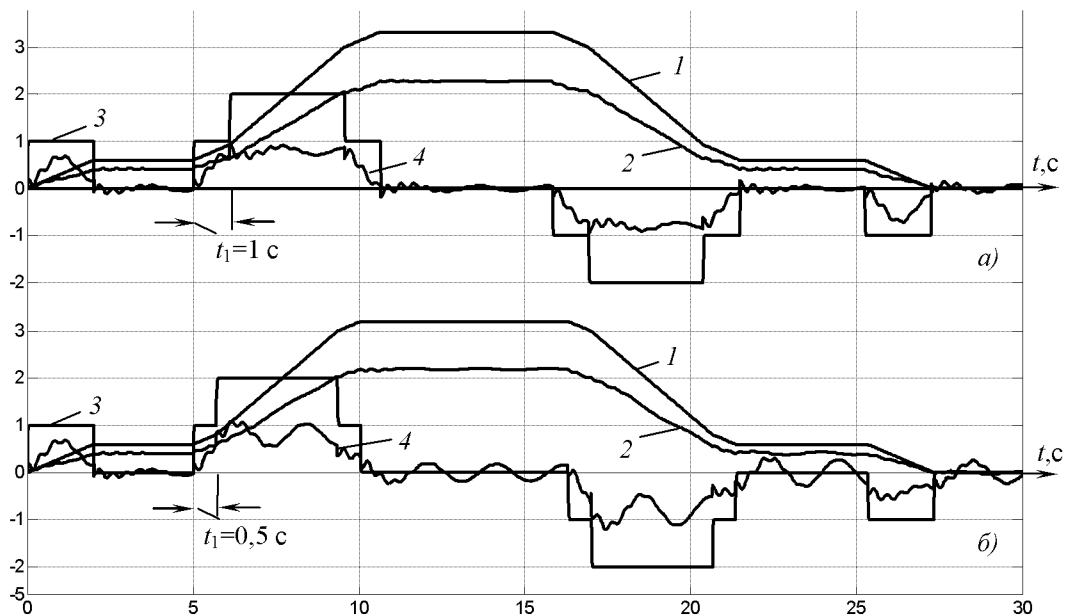


Рисунок 6 – Графики переходных процессов в системе с оптимальной (а) и не оптимальной (б) настройкой параметров: 1,3 – сигналы заданных значений скорости и ускорения; 2,4 – действительная скорость и динамический момент F'_{1y}

В формулах (2), (3), (7), (8):

$$d = \frac{T_{n1}^2 + T_{01}^2 - k_{мп} k_{m0} (T_{n2}^2 + T_{02}^2)}{b_0};$$
$$q = \frac{1 - k_{мп} k_{m0}}{b_0};$$
$$\gamma_0 = (T_{01}^2 T_{n2}^2 - T_{n2}^2 T_{02}^2 k_{m0}) k_{мп};$$
$$\gamma_1 = \left[T_{n2}^2 + T_{01}^2 - k_{m0} (T_{02}^2 + T_{n2}^2) \right] k_{мп};$$
$$\gamma_2 = (1 - k_{m0}) k_{мп};$$
$$\gamma'_0 = (T_{n1}^2 T_{02}^2 - k_{мп} T_{n2}^2 T_{02}^2) k_{m0};$$
$$\gamma'_1 = \left[T_{n1}^2 + T_{02}^2 - k_{мп} (T_{02}^2 + T_{n2}^2) \right] k_{m0};$$
$$\gamma'_2 = (1 - k_{мп}) k_{m0}.$$

Выводы. Эффективность использования применяемой системы позиционного управления определяется тем, что демпфирование колебаний достигается двумя способами: 1) двухступенчатым изменением движущего момента, исключаяющего низкочастотные составляющие (время действия первой ступени равно половине периода собственных упругих колебаний); 2) использованием демпфирующего фаззи-регулятора, параметры которого изменяются в зависимости от ошибок регулирования скорости или положения, обеспечивается гашение любых колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Ограничение динамических нагрузок электропривода. – М.: «Энергия», 1971. – 320 с.
2. Киричок Ю.Г., Чермалых В.М. Привод шахтных подъемных установок большой мощности. – М.: «Недра», 1972. – 336 с.
3. Чермалых В.М., Родькин Д.И., Каневский В.В. Системы электропривода и автоматики рудничных стационарных машин и установок. – М.: «Недра», 1976. – 398 с.
4. Чермалых В.М., Чермалых А.В., Данилин А.В. Фаззи-управление сложными электромеханическими системами с задающей моделью // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. – 2001. – Вип. 10. – С. 418-120.
5. Кузнецов В.В., Пермяков В.Н., Грицай В.М. Математичне моделювання конвеєрної установки з електроприводом за системою асинхронно-вентильного каскаду та фазі-регулятором швидкості для мережі зі змінними параметрами// Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 4/2008 (51), частина 1. – С. 140–144.

Стаття надійшла 25.02.2011 р.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

Сінчуком О. М.

РЕАЛІЗАЦІЯ БАГАТОПЕРІОДНОЇ ОПТИМАЛЬНОЇ ДІАГРАМИ ШВИДКОСТІ ПОЗИЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ З ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОРОМ

*В. М. Чермалых, д.т.н., проф., Є. І. Алтухов, к.т.н., доц.,
О. В. Данилін, к.т.н., доц., А. В. Босак, інженер
Національний технічний університет України “КПІ”, м. Київ
просп. Перемоги 37, 03057, м. Київ, Україна
E-mail: alla_koz@ukr.net*

Запропонована та досліджена структурна система управління позиційним електроприводом з демпфуванням пружних коливань за допомогою двох задавальних пристроїв, що забезпечують двохступінчасту зміну рушійного моменту, та фаззи-регулятора.

Ключові слова: позиційне управління, фаззи-регулятор, демпфування.

REALIZATION MULTIPERIOD OF THE OPTIMUM DIAGRAM OF SPEED OF THE ITEM ELECTRIC DRIVE WITH FUZZY-REGULATOR

*V. Chermalykh, Doc. Sc. (Tech.), Prof; E. Altukhov, Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof
A. Danilin, Cand. of Sc. (Tech.), Assoc. Prof; A. Bosak, eng.
Peremohy Av., 37, 03057, Kyiv.
E-mail: alla_koz@ukr.net*

Offered and investigational structure of control system by a position electromechanical with damping of resilient vibrations the way of two questioner devices, providing the two-stage change of motive moment and fuzzy-regulator.

Key words: position management, fuzzy-regulator, damping.