

Литература. 1. J.R. Lakowisz, Principles of Fluorescence Spectroscopy, 2nd ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1999. 2. J.M. Becheem and A.M. Amelot, Global Analysis of Fluorescence Intensity and Anisotropy Decay Data. 3. M.M. Yatskou and G. Calzaferri, Monte Carlo Simulation of Radiationless Energy Migration and Energy Transfer: Simulation-based Fluorescence Decay Fitting, Champery, Switzerland. 4. J.A. Nelder and R. Mead, A simplex method for function minimization, Computer Journal, 1965, 7, 308-313. 5. G. Calzaferri, M. M. Yatskou, M. Meyer, S. Huber, M. Pfenniger, Electronic Excitation Energy Migration in a Photonic Dye-Zeolite Antenna, ChemPhysChem, 2003, 4, 567-587.

### ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО ОПЕРАТОРНОГО МЕТОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Козлов А.В., ГГТУ, г. Гомель*

В работах [1] получено уравнение движения ротора двухфазного асинхронного электродвигателя (АД) в следующем виде:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R} \left[ u_{\beta} \cdot \int u_{\alpha} \cdot dt - u_{\alpha} \cdot \int u_{\beta} \cdot dt - \omega \cdot \left( \int u_{\beta} \cdot dt \right)^2 \right], \quad (1)$$

где  $u_{\alpha}, u_{\beta}$  – напряжения на обмотках управления и возбуждения;  $\omega$  – скорость вращения двигателя;  $J$  – момент инерции двигателя;  $R$  – приведенное сопротивление обмотки ротора;

По уравнению (1) построим структурную схему двухфазного АД во временной области при амплитудной модуляции напряжения  $u_{\alpha} = m \cdot u_{y} = \Omega \cdot t \cdot U_{ym} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$  (рис.1), где напряжение возбуждения  $u_{\beta} = U_{em} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$ , а через  $K = \frac{1}{R \cdot J}$  – обозначен коэффициент передачи электродвигателя.

Из структурной схемы (рис.1) видно, что входной сигнал  $u_{\alpha}$  получается в результате многочисленных операций перемножения. Поэтому для анализа  $u_{\alpha}$  целесообразно применить многомерный операторный метод [2]. Для получения скорости вращения двигателя сигнал  $u_{\alpha}$  должен пройти через активное многомерное звено, находящееся в обратной связи. В прямом канале присутствует интеграл, что делает применение многомерного операторного метода невозможным. Поэтому дальнейший расчет

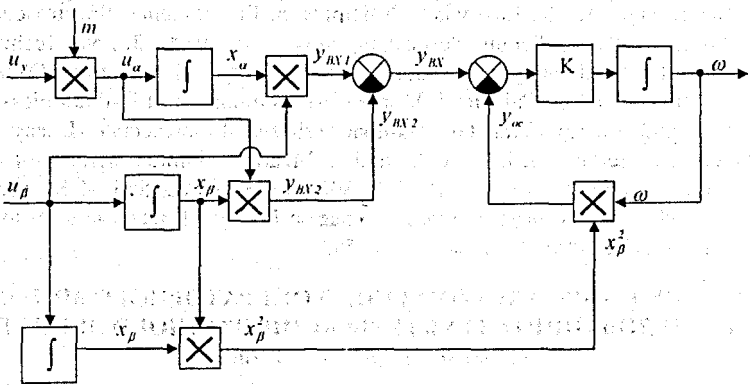


Рис.1. Структурная схема двухфазного асинхронного двигателя во временной области

можно проводить во временной области, решая дифференциальное уравнение движения, или в одномерной операторной области, применяя одномерное преобразование Лапласа.

Исходя из вышесказанного, можно построить структурную схему в многомерной операторной области (рис.2).

Рассчитаем сигнал  $y_{\alpha\alpha}$  (рис.1) многомерным операторным методом. Запишем изображения сигналов  $u_{\alpha}$ ,  $u_{\beta}$  в многомерной области

$$U_{\alpha}(p_1, p_2) = M(p_1) \cdot U_{\gamma}(p_2) = \frac{\Omega}{p_1^2} \cdot \frac{U_{\gamma m} \cdot p_2^2}{p_2^2 + \omega_0^2}, \quad U_{\beta}(p_3) = U_{am} \cdot \frac{\omega_0}{p_3^2 + \omega_0^2}.$$

В многомерной операторной области входной сигнал  $Y_{HX}(p_1, p_2, p_3)$  будет определяться следующим образом

$$\begin{aligned} Y_{HX}(p_1, p_2, p_3) &= Y_{HX1}(p_1, p_2, p_3) - Y_{HX2}(p_1, p_2, p_3) = \\ &= A(p_1, p_2) \cdot \frac{U_{am} \cdot \omega_0}{p_3^2 + \omega_0^2} - B(p_3) \cdot \frac{\Omega}{p_1^2} \cdot \frac{U_{\gamma m} \cdot p_2}{p_2^2 + \omega_0^2}, \end{aligned}$$

где

$$A(p_1, p_2) = \frac{\Omega \cdot U_{\gamma m} \cdot p_1}{p_2^2 \cdot p_1^2 + \omega_0^2 \cdot p_1 + p_2}, \quad B(p_3) = \frac{U_{am} \cdot \omega_0}{p_3^2 + \omega_0^2} \cdot \frac{1}{p_3}.$$

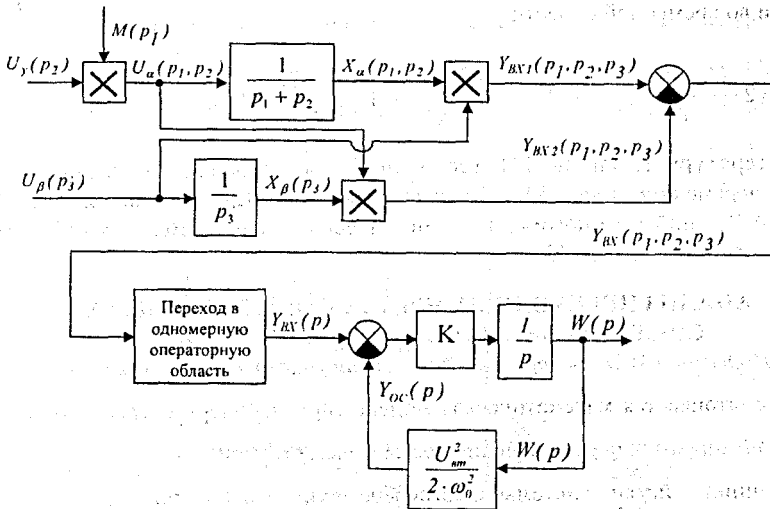


Рис.2. Структура двухфазного асинхронного двигателя в многомерной операторной области

Постепенно, сначала по оператору  $p_1$ , потом по  $p_2$  и наконец по оператору  $p_3$ , перейдем во временную область и получим выражение

$$y_{BX} = \frac{U_{ym} \cdot U_{am} \cdot \Omega}{\omega_0} \cdot t \cdot (\sin^2(\omega_0 \cdot t) + \cos^2(\omega_0 \cdot t)) + \frac{U_{ym} \cdot U_{am} \cdot \Omega}{2 \cdot \omega_0^2} \cdot \sin(2 \cdot \omega_0 \cdot t) =$$

$$= \frac{U_{ym} \cdot U_{am} \cdot \Omega}{\omega_0^2} \cdot \left( \omega_0 \cdot t + \frac{\sin(2 \cdot \omega_0 \cdot t)}{2} \right).$$

Отбрасывая колебания типа  $\sin(2 \cdot \omega_0 \cdot t)$ , получим результат

$$y_{BX} = \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot U_{am}}{\omega_0} \cdot t,$$

или в одномерной операторной области

$$Y_{BX}(p) = \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot U_{am}}{\omega_0} \cdot \frac{1}{p^2}.$$

Далее, используя одномерное преобразование Лапласа и структурную схему рис.2 получим окончательный результат

$$W(p) = 2 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0}{U_{am}} \cdot \frac{1}{p^2} - 4 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0^3}{U_{am}^3 \cdot K} \cdot \frac{1}{p} + 4 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0^3}{U_{am}^3 \cdot K} \cdot \frac{1}{\left( p + \frac{K \cdot U_{am}^2}{2 \cdot \omega_0^2} \right)}.$$

Или во временной области

$$\omega = 2 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0}{U_{am}} \cdot t - 4 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0^3}{U_{am}^3 \cdot K} + 4 \cdot \frac{U_{ym} \cdot \Omega \cdot \omega_0^3}{U_{am}^3 \cdot K} \cdot e^{-\frac{U_{am}^2 \cdot K \cdot t}{2 \cdot \omega_0^2}}$$

**Литература.** 1. Власов Н.П. Теория линейных следящих систем, работающих на переменном токе.- М.: Энергия, 1964, с.103-128. 2. Луковников В.И., Козлов А.В. Типовые многомерные динамические звенья // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого.-2000.-№2.-с.47-54.

### АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕМЕНТАХ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ СКРЕПЕРА

*Подымако М.Э., Белорусско-Российский университет, г.Могилев*

Рассматривается математическая модель системы энергосбережения скрепера, анализируются переходные процессы в элементах системы.

Принцип действия системы энергосбережения заключается в аккумуляровании энергии колебаний подрессоренных и непрессоренных частей скрепера. Для этого в подвеску скрепера устанавливаются гидроцилиндры, выполняющие роль качающих узлов, дроссели, обеспечивающие демпфирование колебаний, гидропневмоаккумулятор (ГПА), накапливающий энергию жидкости, а также направляющие и регулирующие элементы (клапаны, распределитель). Накопленная в ГПА жидкость направляется на вход насосов гидросистемы скрепера, создавая тем самым крутящий момент на валу двигателя внутреннего сгорания.

Для анализа работы системы при движении скрепера по неровностям микропрофиля в транспортном режиме составлена динамическая модель(рис.1) учитывающая инерционные, упругие и диссипативные свойства элементов системы. В модели приняты следующие обозначения:  $Q_i$  - расход на  $i$ -том участке;  $c_{i1}$  - коэффициент гидравлической жесткости  $i$ -го упругого элемента;  $\mu_{i1}$  - коэффициент гидравлического сопротивления  $i$ -го участка;  $H_i$  - дискретные переменные управления клапанами и распределителем: