

$$W_n(p) \Sigma W_{in}(p) W_{jn}(p) = \Sigma \frac{\prod_n^d m_n \prod_n^d m_{in} \prod_n^d m_{jn} \prod_{ijn}^d g_{ijn}}{\prod_N^d g_N} \quad (3)$$

$$W_i(p) W_j(p) = \frac{\prod_i^d m_i \prod_j^d m_{ij} \prod_{ij}^d g_{ij}}{\prod_N^d g_N};$$

$$W_i(p) W_j(p) W_q(p) = \frac{\prod_i^d m_i \prod_j^d m_{ij} \prod_q^d m_{iq} \prod_{ijq}^d g_{ijq}}{\prod_N^d g_N}.$$

Подставляя выражения (3) в (1) и сокращая на общий знаменатель, получим окончательное выражение для передаточной функции системы

$$W(p) = \frac{\sum_n \prod_n^d m_n \prod_n^d g_n - \sum_n \sum_{kn} \prod_n^d m_n \prod_{kn}^d m_{kn} \prod_{kn}^d g_{kn} + \sum_n \sum_{m_i} \prod_{m_i}^d m_i \prod_{m_j}^d m_{ij} \prod_{ij}^d g_{ij} - \dots}{\prod_N^d g_N - \sum_k \prod_k^d m_k \prod_k^d g_k + \sum_{m_i} \prod_{m_i}^d m_i \prod_{m_j}^d m_{ij} \prod_{ij}^d g_{ij} - \dots - \sum_{m_i} \prod_{m_i}^d m_i \prod_{m_j}^d m_{ij} \prod_{m_q}^d m_{iq} \prod_{ijq}^d g_{ijq} + \dots}$$

Резюме. Полученное выражение для передаточной функции сложной многоконтурной системы имеет вид, близкий к окончательному, и позволяет легко получить выражение передаточной функции по структурной схеме конкретной системы.

Л и т е р а т у р а

1. Траксел Д. Синтез систем автоматического регулирования. М., 1959.

УДК 621.313.333

О.П. Ильин, канд. техн. наук, П.П. Примшиц

СИНТЕЗ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В статье рассматриваются вопросы синтеза эталонной модели с учетом имеющихся в системе регулирования ограничений.

Передаточная функция эталонной модели

$$W_M(p) = \frac{\bar{y}_M}{q} = \frac{1}{b_2 p^2 + b_1 p + 1}, \quad (1)$$

где \bar{q} - изображение входного воздействия; \bar{y}_M - изображение выходной координаты модели.

При $b_2 = 0,5 b_1^2$ и $b_1 = b$ корни характеристического уравнения равны

$$p_{1,2} = -\frac{1}{b} + j \frac{1}{b} = -\alpha \pm j\alpha,$$

что соответствует максимальному быстродействию с перерегулированием 4,3%. Чем больше значение α , тем больше быстродействие системы. Но так как выходная координата модели и объекта практически совпадают, то выходная координата объекта будет изменяться по закону

$$y = [1 - e^{-\alpha t} (\sin \alpha t + \cos \alpha t)] q. \quad (2)$$

Синтез эталонной модели заключается в том, чтобы определить параметр α_{\max} , при котором промежуточные координаты объекта не выходят за пределы допустимых.

Пусть объект описывается дифференциальным уравнением n -го порядка с переменными параметрами

$$\sum_{i=0}^n a_i(t) \frac{d^i y}{dt^i} = k(t) q. \quad (3)$$

Ограничения, накладываемые на промежуточные координаты объекта y_ε , можно представить так:

$$y_{\varepsilon \max} = \left| \sum_{i=0}^{\varepsilon} C_i \frac{d^i y}{dt^i} \right|_{\max} \leq A_\varepsilon, \quad (4)$$

где A_ε - допустимое значение промежуточной координаты объекта; C_i - коэффициенты, которые определяются из конкретной структуры объекта регулирования.

С учетом (2), условие (4) запишется

$$y_{\varepsilon \max} = \left| \sum_{i=0}^{\varepsilon} C_i \frac{d^i q [1 - e^{-\alpha t} (\sin \alpha t + \cos \alpha t)]}{dt^i} \right|_{\max} \leq A_\varepsilon \quad (5)$$

$$\text{или } y_{\varepsilon \max} = \left| q [C_0 + e^{-\alpha t} (a \sin \alpha t + b \cos \alpha t)] \right|_{\max}, \quad (6)$$

где q - ступенчатое воздействие; $a = f_1(C_i, \alpha)$; $b = f_2(C_i, \alpha)$. Если $\varepsilon = 6$ (а для реально рассматриваемых систем ε вряд ли может быть > 6), то

$$a = -C_0 + 2\alpha C_1 - 2\alpha^2 C_2 + 4\alpha^4 C_4 - 8\alpha^5 C_5 + 8\alpha^6 C_6; \quad (7)$$

$$b = -C_0 + 2\alpha^2 C_2 - 4\alpha^3 C_3 + 4\alpha^4 C_4 - 8\alpha^6 C_6. \quad (8)$$

Если $\varepsilon < 6$, то коэффициенты a и b определяются из выражений (7) и (8) путем приравнивания соответствующих коэффициентов C_i нулю.

Чтобы найти время t , при котором определяется максимум функции (6), продифференцируем ее и приравняем нулю

$$\frac{dy_\varepsilon}{dt} = \alpha e^{-\alpha t} (a \cos \alpha t - b \sin \alpha t - a \sin \alpha t - b \cos \alpha t) = 0.$$

Очевидно, что $\alpha e^{-\alpha t}$ не может быть равным нулю, поэтому

$$\left. \begin{aligned} a \cos \alpha t - b \sin \alpha t - a \sin \alpha t - b \cos \alpha t &= 0; \\ \alpha t &= \arctg \frac{a-b}{a+b}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Если $\frac{a-b}{a+b} < 0$, то αt необходимо определять по формуле

$$\alpha t = \arctg \frac{a-b}{a+b} + \pi. \quad (10)$$

Условия (9), (10) являются необходимыми, но недостаточными. Достаточные условия максимума функции (6) определим по второй производной

$$\frac{d^2 y_\varepsilon}{dt^2} = 2\alpha^2 e^{-\alpha t} (b \sin \alpha t - a \cos \alpha t) < 0. \quad (11)$$

Из (11) достаточное условие максимума при выполнении условия (9) или (10) будет $b \sin \alpha t - a \cos \alpha t < 0$. (12) Если условие (12) не соблюдается, то расчет $y_{\varepsilon \max}$ необходимо производить при $\alpha t = 0$.

Изложенную методику синтеза эталонной модели рассмотрим на примере системы стабилизации усилия резания (путем изменения скорости подачи при постоянной скорости привода главного движения) на тяжелом фрезерном станке модели

6М610Ф2 -1, структурная схема которой (без учета статического тока нагрузки электродвигателя) представлена на рис. 1, где β - коэффициент усиления тиристорного преобразователя совместно с промежуточным усилителем; T - электромагнитная постоянная времени электродвигателя подачи; θ - электромеханическая постоянная времени электропривода; κ - коэффициент, характеризующий глубину, ширину фрезерования, состояние режущего инструмента, твердость обрабатываемого материала; T_{∂} - постоянная времени датчика усилия резания; γ - коэффициент обратной связи по динамической составляющей тока двигателя; q - задающее воздействие; $\tau = 1/n_0 \cdot z$ [1]. Здесь n_0 - частота вращения привода главного движения; z - число зубьев фрезы.

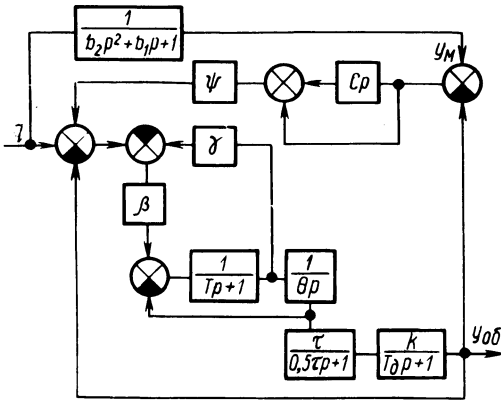


Рис. 1.

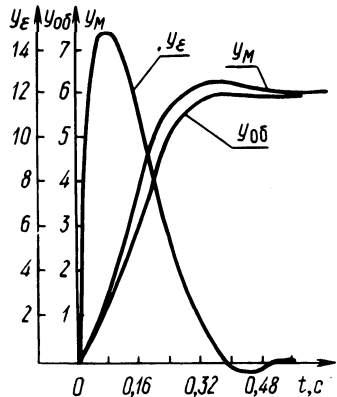


Рис. 2.

Расчет производится при следующих параметрах тип электродвигателя подачи ПБСТ = 43; $\beta = 100$; $\gamma = 0,8$; $T = 0,03c$; $\theta = 0,032c$; $T_{\partial} = 0,02c$; $z = 10$; $q = 6B$; $\Psi = 10$; $C = 0,2$. Определим величины τ и κ . Примем $n_0 = 10$ об./с. Тогда $\tau = 0,01c$, пределы изменения скорости подачи (1200 . . . 120) мм/мин. Это соответствует э.д.с. электродвигателя (100 , . . . 10) В и так как $\kappa = \frac{q}{\tau e}$, то κ будет изменяться в пределах (60 . . . 6). Ограничения накладываются по условиям коммутации на максимальную величину динамической составляющей тока электродвигателя:

$$y_{\epsilon} = I_{\text{дин}} r_o \leq 3 I_n r_o, \text{ т.е. } y_{\epsilon} \leq 18B, \text{ так как } I_n r_o = 6B.$$

Из рис. 1 можно записать: $C_0 = 0$; $C_1 = \theta / \tau k$; $C_2 = (0,5\tau + T_{\partial}) \theta / \tau k$; $C_3 = \frac{0,5\tau T_{\partial} \theta}{\tau k}$.

Допустим $\alpha = 8$, тогда при $k = 6$ и $y_{\epsilon \max} = 15,6$ В при $k = 60$; $y_{\epsilon \max} = 1,56$ В. т.е. при $\alpha = 8$ и изменениях k в пределах $6,0 \div 60$ динамическая составляющая тока не выходит за пределы допустимых.

Задача синтеза эталонной модели решена

$$b_2 = 0,5 / \alpha^2 = 0,078; \quad b_1 = 1 / \alpha = 0,125.$$

На рис. 2 показаны зависимости $y_M = f_1(t)$; $y_{об} f_2(t)$; $y_{\epsilon} = f_3(t)$, рассчитанные с помощью ЦВМ, из которых видно, что $y_{\epsilon \max} = 15$ В. Отличие расчетного и действительного значения $y_{\epsilon \max}$ объясняется тем, что выходные координаты модели и объекта не полностью совпадают. Поэтому при синтезе эталонной модели α необходимо брать несколько меньшим расчетного значения или уточнять путем моделирования реального объекта регулирования.

Резюме. Изложенный метод позволяет просто определить параметры эталонной модели с учетом имеющихся ограничений на промежуточные координаты в системе автоматического регулирования.

Л и т е р а т у р а

1. Абакумов А.М., Видманов Ю.И., Мехелькевич В.Н. Алгоритмизация процесса продольного точения. - "Станки и инструмент", 1972, № 9.

УДК 621.798

П.В. Ползик, канд. техн. наук,
В.Я. Максимов

ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОДАЧИ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ

Одним из эффективных путей стабилизации сил резания является управление приводом подачи в функции изменения сил резания. В процессе обработки партии деталей изменение силы резания носит случайный характер в силу влияния неодно-