DOI: 10.17117/na.2017.01.03.132

<http://ucom.ru/doc/na.2017.01.03.132.pdf>

Поступила (Received): 10.01.2017

Усольцев В.К.

Идентификация астатических объектов управления

Usolicev V.K.

Identification unstable object management

Рассмотрена методика непосредственной идентификации астатического объекта управления и идентификации его в замкнутой системе управления. Получены аналитические зависимости определения коэффициента и постоянных времени. При идентификации используется минимальное число точек переходной характеристики. Методика рекомендуется к применению при автоматическом определении параметров динамических объектов управления

The Considered methods to direct identification of the unstable object of management and identifications him(it) in closed managerial system. Analytical dependencies of the determination of the factor and constant time are Received. Minimum number point connecting feature is used at identifications. The Methods is recommended to using under automatic determination parameter dynamic object of management

Ключевые слова: астатический объект, замкнутая система, идентификация, переходная характеристика

Key words: unstable object, managerial system, identification, connecting feature

Усольцев Валерий Константинович
Кандидат технических наук, доцент
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Usolicev Valeria Konstantinovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Far eastern federal university
Vladivostok, Suhanova st., 8

1. Идентификация астатического объекта по переходной характеристике разомкнутой системы

Простейший астатический объект описывается передаточной функцией

$$W_H(s) = \frac{K_H}{s \cdot (1 + T_H \cdot s)}. \quad (1)$$

Переходная характеристика апериодического объекта при ступенчатом входном воздействии с амплитудой X_{BX} описывается уравнением

$$h(t) = X_{BX} K_H \left[t - T_H \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{T_H}\right) \right) \right]. \quad (2)$$

График переходной характеристике при $X_{BX} = 5B$, $K_H = 0.3c^{-1}$ и $T_H = 2.0c$, приведен на рисунке 1

Рис. 1: 1 – график переходной характеристики, 2 – касательная к переходной характеристике

На рисунке 1 показан графический метод определения постоянной времени апериодической составляющей исследуемого объекта, коэффициент определяется по наклону касательной. Если известны два значения переходной характеристики на ее линейном участке $h(t_1)$ и $h(t_2)$, то аналитически параметры исследуемого объекта определяются выражениями:

$$K_H = \frac{h(t_2) - h(t_1)}{X_{BX} \cdot (t_2 - t_1)}, \quad T_H = t_2 - \frac{h(t_2)}{X_{BX} K_H}. \quad (3)$$

Для переходной характеристики приведенной на рисунке 1 $t_1=8$ с, $t_2=10$ с, $h(t_1) = 9.0549$ В, $h(t_2) = 12.020$ В, соответственно:

$$K_H = \frac{h(t_2) - h(t_1)}{X_{BX} (t_2 - t_1)} = \frac{12.020 - 9.0549}{5(10 - 8)} = 0.2965 \text{ с}^{-1},$$

$$T_H = t_2 - \frac{h(t_2)}{X_{BX} K_H} = 10 - \frac{12.020}{5 \cdot 0.2965} = 1.8920 \text{ с}.$$

Точность определения параметров увеличивается с увеличением времени опорных точек. Однако в ряде случаев выходная координата ограничена по величине, и переходная характеристика снимается на ограниченном временном интервале, недостаточном для выхода на линейный участок. Применяя функции минимизации ошибки можно определить параметры объекта и при ограниченном временном интервале. Листинг определения параметров объекта для предыдущего примера в программном обеспечении MathCAD, при известных значениях переходной характеристики для $t_1=2$ с, $t_2=4$ с, выглядит следующим образом;

$$Ko := 3 \quad To := 4 \quad X_{BX} := 5$$

Предварительные значения параметров Given

$$X_{BX} \cdot Ko \cdot \left[4 - To \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-4}{To}\right) \right) \right] = 3.4060$$

$$X_{BX} \cdot Ko \cdot \left[2 - To \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-2}{To}\right) \right) \right] = 1.1036$$

$$\left(\frac{K_H}{T_H} \right) := Minerr(Ko, To) \left(\frac{K_H}{T_H} \right) = \begin{pmatrix} 0.299 \\ 1.999 \end{pmatrix}$$

Обе методики дают близкие результаты, но применение метода минимизации ошибки при автоматическом определении параметров в системе микропроцессорного управления требует слишком больших вычислительных ресурсов, и потому не приемлема.

Неограниченное движение астатического объекта управления в ряде случаев не допустимо и может привести к аварии. В таких случаях целесообразно вести идентификацию по переходной характеристике замкнутой системы.

2. Идентификация объекта управления по переходной характеристике замкнутой системы

Идентификация замкнутой системы сводится к представлению ее передаточной функцией колебательного звена или последовательным включением колебательного и апериодического звена.

Методика определения параметров колебательного звена по переходной характеристике изложена автором в источнике [1].

Формула размыкания замкнутой системы управления имеет вид

$$W_O(s) = \frac{\Phi(s)}{1 - K_{OC}\Phi(s)}, \quad (4)$$

где $W_O(s)$ – передаточная функция разомкнутой системы управления,

$K_{OC} > 0$ – коэффициент отрицательной обратной связи,

$\Phi(s)$ – передаточная функция замкнутой системы управления.

Если замкнутая система описывается передаточной функцией второго порядка с параметрами K_Φ, T_Φ, ξ_Φ

$$\Phi(s) = \frac{K_\Phi}{1 + 2\xi_\Phi T_\Phi s + T_\Phi^2 s^2}, \quad (5)$$

то передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W_O(s) = \frac{K_\Phi}{1 + 2\xi_\Phi T_\Phi s + T_\Phi^2 s^2 - K_{OC}K_\Phi}. \quad (6)$$

Если выполняется условие $1 - K_{OC}K_\Phi = 0$, то разомкнутая система астатическая с передаточной функцией

$$W_O(s) = \frac{K_O}{s \cdot (1 + T_O s)}, \text{ где } K_O = \frac{K_\Phi}{2\xi_\Phi T_\Phi}, T_O = \frac{T_\Phi}{2\xi_\Phi}. \quad (7)$$

Если условие $1 - K_{OC}K_\Phi = 0$ не выполняется, то разомкнутая система статическая с передаточной функцией

$$W_O(s) = \frac{K_O}{1 + 2\xi_O T_O s + T_O^2 s^2}, \quad (8)$$

где $K_O = \frac{K_\Phi}{1 - K_{OC}K_\Phi}$, $T_O = \frac{T_\Phi}{\sqrt{1 - K_{OC}K_\Phi}}$, $\xi_O = \frac{\xi_\Phi}{\sqrt{1 - K_{OC}K_\Phi}}$.

Если $\xi_O \geq 1$, то знаменатель передаточной функции (8) обладает действительными корнями и передаточная функция преобразуется к виду

$$W_O(s) = \frac{K_O}{(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}, \text{ где } T_1 = \frac{T_O}{\xi_O - \sqrt{\xi_O^2 - 1}}, T_2 = \frac{T_O}{\xi_O + \sqrt{\xi_O^2 - 1}}. \quad (9)$$

Если замкнутая система описывается передаточной функцией третьего порядка с параметрами $K_\Phi, T_\Phi, \xi_\Phi, T_\mu$

$$\Phi(s) = \frac{K_\Phi}{(1 + 2\xi_\Phi T_\Phi s + T_\Phi^2 s^2)(1 + T_\mu s)}, \quad (10)$$

то разомкнутая система описывается передаточной функцией

$$W_O = \frac{K_\Phi}{1 - K_\Phi K_{OC} + (T_\mu + 2T_\Phi \xi_\Phi) \cdot s + T_\Phi (2\xi_\Phi T_\mu + T_\Phi) \cdot s^2 + T_\Phi^2 T_\mu s^3}. \quad (11)$$

При выполнении условия $1 - K_\Phi K_{OC} = 0$ разомкнутая система астатическая с передаточной функцией третьего порядка

$$W_O(s) = \frac{K_O}{s \cdot (1 + 2\xi_O T_O s + T_O^2 s^2)}, \quad (12)$$

где: $K_O = \frac{K_\Phi}{T_\mu + 2T_\Phi \xi_\Phi}$, $T_O = T_\Phi \sqrt{\frac{T_\mu}{T_\mu + 2T_\Phi \xi_\Phi}}$, $\xi_O = \frac{T_\Phi + 2T_\mu \xi_\Phi}{2\sqrt{T_\mu^2 + 2T_\Phi T_\mu \xi_\Phi}}$.

Если $\xi_O \geq 1$, то знаменатель передаточной функции (12) обладает действительными корнями и передаточная функция преобразуется к виду

$$W_O(s) = \frac{K_O}{s \cdot (1 + T_1 s)(1 + T_2 s)}, \text{ где } T_1 = \frac{T_O}{\xi_O - \sqrt{\xi_O^2 - 1}}, T_2 = \frac{T_O}{\xi_O + \sqrt{\xi_O^2 - 1}}. \quad (13)$$

В качестве примера проанализируем переходную характеристику замкнутой системы с выше приведенной передаточной функцией астатического объекта и коэффициентом обратной связи $K_{OC} = 2$. График переходной характеристики приведен на рисунке 2.

Результаты обработки переходной характеристик: $h(\infty) = 0.5$, $t_1 = 4.196$, $t_2 = 10.642$, $t_{\max} = 6.447$, $\sigma = 0.2$. По методике, изложенной в [1] определим параметры передаточной функции замкнутой системы:

$$A = t_2 - t_1 = 6.446, K_\Phi = 0.5, b = \frac{\ln(1/\sigma)}{A} = 0.249, \omega_0 = \frac{\pi}{A} = 0.487, \\ \tau = t_{\max} - A = 0.001, T_\Phi = \sqrt{\frac{1}{\omega_0^2 + b^2}} = 1.826, \xi_\Phi = b \cdot T_\Phi = 0.456.$$

Условие $1 - K_{OC}K_\Phi = 1 - 2 \cdot 0.5 = 0$ выполняется и уравнения (7) позволяют определить параметры передаточной функции разомкнутого контура, как астатического объекта: $K_O = \frac{K_\Phi}{2 \cdot \xi_\Phi \cdot T_\Phi} = 0.300$, $T_O = \frac{T_\Phi}{2\xi_\Phi} = 2.002$.

Рис. 2. Переходная характеристика замкнутой системы

Рассчитанные параметры передаточной функции разомкнутого контура полностью совпали с исходными $W_O(s) = \frac{K_O}{s \cdot (1 + T_O s)} = \frac{0.3}{s \cdot (1 + 2.002 \cdot s)}$.

Список используемых источников:

1. Усольцев В.К. Идентификация статических объектов управления // Научный альманах. 2016. N 11-2(25). С. 261-265. URL: <http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.261.pdf>
2. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. М.: Энергия, 1979. 240с.
3. Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений/ А.А. Алексеев, Ю.А. Кораблев, М.Ю. Шестопалов. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 352 с.
4. Фишбейн В.Г. Расчет систем подчиненного регулирования вентильного электропривода постоянного тока. М.: Энергия, 1972, 136 с.

© 2017, Усольцев В.К.

Идентификация астатических объектов
управления

© 2017, Usolicev V.K.

Identification unstable object management