DOI: 10.17117/na.2016.11.02.261

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.261.pdf>

Поступила (Received): 29.11.2016

Усольцев В.К.

Идентификация статических объектов управления

Usolicev V.K.

Identification steady-state object management

Рассмотрена методика идентификации статического и колебательного объекта управления. Получены аналитические зависимости определения постоянных времени и показателя колебательности. При идентификации используется минимальное число точек переходной характеристики. Методика рекомендуется к применению при автоматическом определении параметров динамических объектов управления

Ключевые слова: статический объект, колебательный объект, идентификация, переходная характеристика

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

The Considered methods to identifications steady-state and oscillatory object of management. Analytical dependencies of the determination of constant time and factor колебательности 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

Key words: steady-state object, oscillatory object, identification, connecting feature

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

1. Идентификация апериодического объекта управления

Автоматизация настройка регуляторов, осуществляемая цифровыми системами управления, требует автоматизации определения параметров объекта управления. Определение параметров объекта управления путем минимизации среднеквадратичной ошибки [1], [2] теоретической и экспериментальной переходных характеристик требует значительных вычислительных ресурсов и не гарантирует сходимости процесса. Ограничимся приближенным определением параметров объекта управления по минимальному количеству экспериментальных точек.

В системах подчиненного управления [3] в контур регулирования включают одну существенную, компенсируемую, постоянную времени и одну или несколько малых, не компенсируемых, постоянных времени. Если идентификация ведется для контура регулирования, то достаточно определить существенную постоянную времени и эквивалентную малую постоянную времени или эквивалентное чистое запаздывание.

Идентификацию ведем на основании анализа переходной характеристики (реакции объекта на ступенчатое воздействие). Передаточная функция апериодического объекта второго порядка

$$W_a(s) = \frac{K}{(1+T_1s) \cdot (1+T_2s)} \quad (1)$$

где: K – статический коэффициент передачи; T_1, T_2 – постоянные времени; s – оператор преобразования Лапласа.

Переходная характеристика объекта второго порядка при ступенчатом воздействии с амплитудой U_{BX} имеет вид

$$U_{BIX}(t) = K \cdot U_{BX} \left(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} \exp\left(\frac{-t}{T_1}\right) + \frac{T_2}{T_1 - T_2} \exp\left(\frac{-t}{T_2}\right) \right) \quad (2)$$

Статический коэффициент передачи определяется как

$$K = U_{BIX}(\infty) / U_{BX} \quad (3)$$

Нормализуем переходную характеристику (2)

$$h(t) = \frac{U_{BIX}(t)}{K \cdot U_{BX}(\infty)} = 1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} \exp\left(\frac{-t}{T_1}\right) + \frac{T_2}{T_1 - T_2} \exp\left(\frac{-t}{T_2}\right) \quad (4)$$

Считаем T_1 существенной, а T_2 малой постоянной времени. Определим существенную постоянную времени считая, что переходный процесс с малой постоянной времени закончился. Для определения постоянной выберем два значения переходной характеристики при значениях времени $t_2 > t_1 \geq 3T_2$.

$$\begin{aligned} h(t_1) &= 1 - \exp(-t_1/T_1) \\ h(t_2) &= 1 - \exp(-t_2/T_1) \end{aligned} \quad (5)$$

Разрешив систему уравнений (5) относительно T_1 получим

$$T_1 = \frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{1 - h(t_1)}{1 - h(t_2)}\right)} \quad (6)$$

Определим эквивалентное чистое запаздывание τ , анализируя переходную характеристику с чистым запаздыванием

$$h(t) = 1 - \exp(-(t - \tau)/T_1) \quad (7)$$

Зададимся расчетным временем $t_p > 3T_2$ и разрешим уравнение (7) относительно τ , $(\tau - t_p)/T_1 = \ln(1 - h(t_p))$, соответственно

$$\tau = t_p + T_1 \ln(1 - h(t_p)) \quad (8)$$

Для малых постоянных времени $T\mu$ выполняется условие

$$\sum_{i=1}^n T\mu_i = \tau \quad (9)$$

На рисунке 1 приведены графики теоретической и полученной в результате идентификации переходных характеристик для апериодического объекта третьего порядка. Для идентификации малых постоянных времени выполнялось условие $T_2 = 0.6\tau$, $T_3 = 0.4\tau$.

Рис. 1. Переходные характеристики объекта третьего порядка: 1 – для теоретической кривой при: $T_1 = 10$ с, $T_2 = 2$ с, $T_3 = 1.5$ с; 2 – при параметрах идентификации: $T_1 = 10.38$ с, $T_2 = 2.22$ с, $T_3 = 1.48$ с

2. Идентификация объекта с колебательной переходной характеристикой

Нормированную по времени передаточную функцию объекта с колебательным звеном представим в следующем виде

$$W_K^*(s) = \frac{\exp(-\tau \cdot s)}{1 + s + T^* s^2}. \quad (10)$$

Колебательному звену соответствует переходная характеристика

$$h(t) = 1 - \exp(-bt) \left(\frac{b}{\omega_0} \sin(\omega_0 t) + \cos(\omega_0 t) \right), \quad (11)$$

где: $b = \frac{1}{2\sqrt{T^*}}$ – коэффициент затухания,

$\omega_0 = \sqrt{1 - \frac{1}{4T^*}}$ – круговая частота

Для колебательной переходной характеристики справедливы следующие соотношения:

Перерегулирование определяется выражением

$$\sigma = \exp\left(\frac{-\pi \cdot b}{\omega_0}\right). \quad (12)$$

Расстояние между максимумом и ближайшим минимумом переходной характеристики или расстояния между двумя пересечениями единичного уровня равно

$$A = \pi / \omega_0. \quad (13)$$

Выражение (13) позволяет определить круговую частоту

$$\omega_0 = \pi / A. \quad (14)$$

Зная ω_0 из выражения (12) определяется коэффициент затухания

$$b = \frac{\omega_0}{\pi} \ln\left(\frac{1}{\sigma}\right). \quad (15)$$

Чистое запаздывание τ определяется как разность времени достижения первого максимума $t_{\max}$ и параметром A .

$$\tau = t_{\max} - A. \quad (16)$$

Следует отметить, что выражения (14) – (16) позволяют получить абсолютные по времени значения, если параметр A определяется как абсолютное значение. Абсолютное значение постоянной времени колебательного звена

$$T = \sqrt{\frac{1}{\omega_0^2 + b^2}}. \quad (17)$$

Передаточная функция колебательного звена в абсолютном времени

$$W(s) = \frac{K}{1 + 2\xi Ts + T^2 s^2}, \quad (18)$$

где: коэффициент K определяется по выражению (3); а показатель колебательности равен $\xi = bT$.

На рисунке 2 приведена переходная характеристика для объекта с передачной функцией

$$W(s) = \frac{1}{(1 + 2\xi T_1 s + T_1^2 s^2) \cdot (1 + T_2 s)}, \text{ где } T_1 = 5.0 \text{ с}, T_2 = 2.5 \text{ с}, \xi = 0.4.$$

Результаты обработки переходной характеристики:

$$t_{\max} = 20.0 \text{ с}, t_{\min} = 37.5 \text{ с}, \sigma = 0.2193.$$

Результаты идентификации:

$$A = t_{\min} - t_{\max} = 37.5 - 20.0 = 17.5 \text{ с}, T_2 = t_{\min} - A = 20.0 - 17.5 = 2.5 \text{ с},$$

$$\omega_0 = \pi / A = \pi / 17.5 = 0.1795 \text{ с}^{-1}, b = \frac{\omega_0}{\pi} \ln\left(\frac{1}{\sigma}\right) = 0.0867,$$

Рис. 2. Переходная колебательная характеристика

$$T_1 = \sqrt{\frac{1}{\omega_0^2 + b^2}} = 5.015, \xi = T_1 b = 0.435.$$

Ошибка определения T_1 составила 0,3%, ошибка показателя колебательности ξ 8%, малой постоянной времени T_2 0%.

Список используемых источников:

1. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. М.: Энергия, 1979. 240с.
2. 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.
3. Фишбейн В.Г. Расчет систем подчиненного регулирования вентильного электропривода постоянного тока. М.: Энергия, 1972, 136 с.

© 2016, Усольцев В.К.

Идентификация статических объектов управления

© 2016, Usolicev V.K.

Identification steady-state object management