УДК 389.001

В.И. Корсун, В.Т. Белан, В.Г. Тарасенко, О.Ю. Каранда

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПРОЦЕССА АДАПТИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО ОБЪЕКТА ПОСРЕДСТВОМ ДВУХ МОДЕЛЕЙ С ПЕРЕСТРАИВАЕМЫМИ СТРУКТУРАМИ

Введение

В настоящее время существующие средства измерительной техники, работающие в динамическом режиме, по качеству метрологических характеристик значительно уступают статическим. В то же время, требования, предъявляемые к точности результатов динамических измерений, все более приближаются к требованиям, которые ставятся при статических измерениях. Проблема обеспечения высокой точности динамических измерений до сих пор остается нерешенной [1-3].

Задача измерения динамических характеристик объектов управления, средств измерительной техники относится в метрологии к области совместных измерений, поскольку предполагает одновременное нахождение нескольких параметров по данным измерения соответствующих сигналов.

Цель работы

Целью данной работы является оценка погрешностей идентификации параметров квазистационарной модели объекта управления с помощью одного из алгоритмов адаптивной идентификации, построенного с использованием принципов симметрии.

Основные исследования

В работе [4] описан алгоритм последовательной идентификации параметров квазистационарного объекта управления, динамика которого подчиняется дифференциальному уравнению:

$$\sum_{i=1}^{3} a_i x^{(i)}(t) + a_0 x(t) = f(t), \quad x^{(j)}(0) = 0, \quad j = \overline{0,2} \ , \tag{1}$$

при помощи двух взаимодействующих моделей, чьи структуры изменяются после того, как очередной параметр $a_i\ \left(i=\overline{0,3}\right)$ будет идентифицирован.

Динамика адаптивных моделей при этом подчиняется дифференциальным уравнениям:

$$\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{3} b_i y^{(i)}(t)+b_0(t)y(t)=\varphi_0(t),\\ \sum\limits_{i=1}^{3} c_i z^{(i)}(t)+c_0(t)z(t)=\varphi_0(t),\end{cases}\quad y^{(j)}(0)=z^{(j)}(0)=0,\quad j=\overline{0,2}\ ;$$

$$\begin{cases}\sum\limits_{i=2}^{3} b_i y^{(i-1)}(t)+b_1(t)y(t)=\varphi_1(t),\\ \sum\limits_{i=2}^{3} c_i z^{(i-1)}(t)+c_1(t)z(t)=\varphi_1(t),\end{cases}\quad y^{(j)}(0)=z^{(j)}(0)=0,\quad j=\overline{0,1}\ ; \tag{2}$$

$$\begin{cases}b_3 y^{(1)}(t)+b_2(t)y(t)=\varphi_2(t),\\ c_3 z^{(1)}(t)+c_3(t)z(t)=\varphi_2(t),\end{cases}\quad y\ (0)=z\ (0)=0; \qquad \begin{cases}b_3(t)y(t)=\varphi_3(t),\\ c_3(t)z(t)=\varphi_3(t),\end{cases}$$

где
$$\varphi_0(t)=f(t)=1[t],\ \varphi_1(t)=\int_0^t f(t)dt-a_0\int_0^t x(t)dt,$$

$$\varphi_2(t)=\int_0^t\int_0^t f(t)dt^2-a_0\int_0^t\int_0^t x(t)dt^2-a_1\int_0^t x(t)dt, \tag{3}$$

$$\varphi_3(t)=\int_0^t\int_0^t\int_0^t f(t)dt^3-a_0\int_0^t\int_0^t\int_0^t x(t)dt^3-a_1\int_0^t\int_0^t x(t)dt^2-a_2\int_0^t x(t)dt\,.$$

Здесь $a_i\ \left(i=\overline{0,3}\right)$ - параметры объекта управления.

Изменение параметров $b_i(t)$ и $c_i(t)\ \left(i=\overline{0,3}\right)$ адаптивных моделей (2) осуществляется в соответствии с алгоритмом:

$$\begin{cases}b_i^{(1)}(t)=-k_i\left[(2x(t)-y(t))b_i(t)-z(t)c_i(t)\right], & b_i(0)=b_{i0},\\ c_i^{(1)}(t)=-k_i\left[(2x(t)-z(t))c_i(t)-y(t)b_i(t)\right], & c_i(0)=c_{i0}\neq b_{i0.}\end{cases} \tag{4}$$

Приведенный выше алгоритм (4) обеспечивает сближение параметров $b_0(t)$ и $c_0(t)$ в соответствии с выражением

$$b_0(t)-c_0(t)=(b_{00}-c_{00})\exp\left(-2k_0\int_0^t x^2(t)dt\right),$$

Если считать, что движение перечисленных параметров прекращается при условии $\left|b_0(T)-c_0(T)\right|\leq\delta$ (T - продолжительность переходного процесса идентифицируемого объекта, при которой справедливым является выражение $\left|x(T)-x(\infty)\right|\leq\xi$, а δ и ξ - сколь угодно малые положительные величины), тогда коэффициент k_0 может быть рассчитан по формуле

$$k_i = 0.5 \ln \frac{|b_{i0} - c_{i0}|}{\delta} / \int_0^T x^2(t) dt , \; i = \left(\overline{0,3}\right). \qquad (5)$$

Здесь следует заметить, что параметры $b_0(t)$ и $c_0(t)$, сближаясь, асимптотически сходятся к идентифицируемого параметру a_0 объекта (1).

Действительно, после прекращения переходных процессов на выходах объекта и настраиваемых моделей $x(t), y(t)$ и $z(t)$ могут быть представлены следующим образом:

$$x(t) = \varphi_0(t)/a_0 \;, \; y(t) = \varphi_0(t)/b_0(t) \;, \; z(t) = \varphi_0(t)/c_0(t). \qquad (6)$$

Подставив значения $x(t)$, $y(t)$ и $z(t)$, найденные по формулам (6) в выражения алгоритма (4), получим:

$$\begin{cases} b_0^{(1)}(t) = -k_0 \dfrac{\varphi_0(t)}{a_0} \left[\left(\dfrac{2\varphi_0(t)}{a_0} - \dfrac{\varphi_0(t)}{b_0(t)} \right) b_0(t) - \dfrac{\varphi_0(t)}{c_0(t)} c_0(t) \right] \\ c_0^{(1)}(t) = -k_0 \dfrac{\varphi_0(t)}{a_0} \left[\left(\dfrac{2\varphi_0(t)}{a_0} - \dfrac{\varphi_0(t)}{c_0(t)} \right) c_0(t) - \dfrac{\varphi_0(t)}{b_0(t)} b_0(t) \right] \end{cases}, \; b_0(T) = b_0^*, c_0(T) = c_0^*. \qquad (7)$$

Упростим выражения (7):

$$\begin{cases} b_0^{(1)}(t) = -\dfrac{2k_0\varphi_0^2(t)}{a_0^2}\left(b_0(t) - a_0\right) \\ c_0^{(1)}(t) = -\dfrac{2k_0\varphi_0^2(t)}{a_0^2}\left(c_0(t) - a_0\right) \end{cases}, \; b_0(T) = b_0^* \;, \; c_0(T) = c_0^* \qquad (8)$$

Поскольку $a_0 \approx const$, то решение системы (8) имеет вид:

$$\begin{cases} b_0(t) = a_0 + \left(b_0^* - a_0\right) \exp\left(-\dfrac{2k_0}{a_0^2} \int_T^t \varphi_0^2(t) dt \right) \\ c_0(t) = a_0 + \left(c_0^* - a_0\right) \exp\left(-\dfrac{2k_0}{a_0^2} \int_T^t \varphi_0^2(t) dt \right) \end{cases} \qquad (9)$$

В выражениях (9) $\lim\limits_{t\to\infty} \int_T^t \varphi_0^2(t) dt = \infty$. Поэтому $b_0(t) \to a_0$ и $c_0(t) \to a_0$ при $t \to \infty$.

Поскольку при $\tau >> T$ оценка значения a_0^* определяется выражением $a_0^* = \left(b_0(\tau) - c_0^*(\tau)\right)/2 = a_0 + \Delta_0$, то вместо входного воздействия $\varphi_1(t)$ (3) при идентификации очередного параметра a_1 модели объекта (1) будет использован сигнал:

$$\overline{\varphi_1}(t) = \int_0^t f(t) dt - a_0^* \int_0^t x(t) dt = \int_0^t f(t) dt - a_0 \int_0^t x(t) dt - \Delta_0 \int_0^t x(t) dt = \varphi_1(t) - \Delta_0(t), \qquad (10)$$

где $\Delta_0(t)=\Delta_0\int\limits_0^t x(t)dt$.

В этом случае после окончания переходных процессов на выходах объекта и настраиваемых моделей выходные сигналы $x(t)$, $y(t)$ и $z(t)$ могут быть представлены выражениями:

$$x(t)=\varphi_1(t)/a_1\ ,\ y(t)=\overline{\varphi}_1(t)/b_1(t)\ ,\ z(t)=\overline{\varphi}_1(t)/c_1(t). \qquad \textbf{(11)}$$

Подставив значения выходных сигналов объекта и моделей, найденные по формулам (11) с учетом (10) в выражения алгоритма (4), получим:

$$\begin{cases} b_1^{(1)}(t)=-\dfrac{2k_1\varphi_1^2(t)}{a_1^2}\left(b_1(t)-a_1\right)-\dfrac{2k_1\Delta_0}{a_1}\varphi_1(t)\int\limits_0^t x(t)dt \\ c_1^{(1)}(t)=-\dfrac{2k_1\varphi_1^2(t)}{a_1^2}\left(c_1(t)-a_1\right)-\dfrac{2k_1\Delta_0}{a_1}\varphi_1(t)\int\limits_0^t x(t)dt \end{cases},\ b_1(T)=b_1^*\ ,\ c_1(T)=c_1^*\neq b_1^*. \qquad \textbf{(12)}$$

Из формул (12) видно, что при $t\to\infty$ значение $b_1(t)\to a_1+\Delta_1$, а значение $c_1(t)\to a_1+\Delta_1$, где Δ_1 - погрешность идентификации параметра a_1 объекта управления.

Выводы

Рассуждая аналогично, найдем, что и оценки остальных параметров a_2 и a_3 модели объекта будут иметь некоторые смещения Δ_2 и Δ_3, котрые могут быть существенно уменьшены соответствующим выбором коэффициентов k_i $\left(i=\overline{0,3}\right)$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский В.А. Динамические измерения: основы метрологического обеспечения. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 224 с.
2. Захаров И.П., Сергиенко М.П. Исследование погрешности идентификации переходных характеристик апериодических измерительных преобразователей методом Прони // Радиоэлектроника и информатика. – 2004. №1.- С.44-47.
3. Захаров И.П., Сергиенко М.П. Исследование характеристик случайной погрешности определения постоянных времени апериодических измерительных преобразователей // Радиотехника, 2004. Вып.139.- с.125-129.
4. Корсун В.И. Методы и системы адаптивной идентификации и управления, использующие принципы симметрии. Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 1997. – 130 с.

Получено 17.03.2008 г.