Полученные выражения (5)-(12) представляют собой алгоритм системы оценки переходной матрицы состояния линейных нестационарных объектов управления, нормальная работоспособность которого проверяется на каждом итеративном шаге системой самоконтроля, работающей в соответствии с алгоритмом

$$[\lambda_1\lambda_2\lambda_3\ldots\lambda_\nu]_n = \left|A(0) + \sum_{n=1}^{N}[\Delta A]_n\right|,$$

$$[\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots + \lambda_\nu]_n = [c_{\nu-1}]_n\,,$$

$$[C_{\nu-1}]_n = -\{a_{11}(0) + \sum_{n=1}^{N}[\Delta a_{11}]_n + a_{22}(0)$$

$$\sum_{n=1}^{N}[\Delta a_{22}]_n + \ldots + a_{mm}(0) + \sum_{n=1}^{N}[\Delta a_{mm}]_n\}.$$

Реализация полученных алгоритмов системы оценки переходной матрицы состояния и системы самоконтроля приведены в виде блок-схемы на рис.1.

Проведенные экспериментальные исследования на объекте второго порядка с помощью ЭВМ подтвердили работоспособность и эффективность полученного алгоритма оценки переходной матрицы состояния для линейных нестационарных объектов управления.

SUMMARY

The synthesis method of the valuation system of transition matrix of non-stationary operation objects state is proposed, which makes it possible to use the Kalman filter for a solution of the construction tasks of informational-operation systems.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идентификация параметров нестационарных динамических систем с применением модифицированного фильтра Калмана/Г.С.Володченко, Н.Г.Нежевясов // Сб. Приборы и системы автоматики. -Харьков: Изд-во ХГУ им. Горького.-1974, N 31, с. 46-52.
2. Один метод идентификации параметров многомерных нестационарных объектов управления / Г.С.Володченко, В.П.Куксов // Сб. Автоматизированные системы и приборы автоматики. -М.: Изд-во Высшая школа.- 1974, N 35, с. 27-32.
3. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления.-М.: Изд-во Наука, 1970, 123 с.

Поступила в редколлегию 13 января 1995 года

УДК 621.394

АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ И ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВАХ

Новгородцев А.И., ст. преп.

В настоящей статье приводится один из методов синтеза алгоритма оценки состояний объекта управления (ОУ) в параметрическом и фазовом пространствах, основанный на использовании комбинационного метода с самонастраивающейся моделью ОУ, описывающей свободное и вынужденное движение и решение нестационарных дифференциальных уравнений методом вариации параметров.

Постановка задачи. Пусть поведение возмущающего нестационарного динамического объекта управления описывается математической моделью в виде дифференциального уравнения

$$a_m(t)\frac{d^m x(t)}{dt^m} + a_{m-1}(t)\frac{d^{m+1}x(t)}{dt^{m-1}} + \ldots + a_1(t)\frac{dx(t)}{dt} + a_0(t)x(t) = F(t\ , \qquad (1)$$

где $a_i(t)$ - неизвестные функции времени, характеризующие нестационарность объекта управления;

$x(t)$ - составляющие вектора фазового состояния объекта;

$F(t)$ - возмущающее воздействие, заданное математическим ожиданием.

Предполагается, что математическая модель объекта управления адекватно описывает его поведение на интервале квазистационарности

$$nT_1 \le t(n+1)T_1 .$$

Решение задачи. Учитывая неполноту измерения вектора фазового состояния и рассматривая решение задачи оценки параметров a_i объекта управления как многошаговый итерационный процесс, нахождение последнего будем искать в классе стационарных систем. Последнее заключается в том, что параметры модели объекта управления настраиваются контуром самонастройки в дискретные моменты времени $nT_1(n+1)T_1, \ldots, (n+k)T_1$ таким образом, чтобы минимизировать выбранный критерий идентификации

$$I = \frac{1}{T_1}\int_0^{T_1} \varepsilon^2 dt , \qquad (2)$$

зависящий от ошибки рассогласования выходных сигналов объекта Y_0 и модели Y_M :

$$\varepsilon = Y_0 - Y_M \qquad (3)$$

где $[Y_M]_n = \sum_{i=1}^{m} [k_i y_i]_n + \sum_{i=1}^{m} [k_i v_i y_i]n$ - реакция модели вынужденного движения;

y_i - составляющие решения однородного дифференциального уравнения;

k_i - произвольные постоянные;

v_i - некоторая функция времени,определяемая выражением

$$[V_{in}] = \Phi[W(t), W_{mi}(t), F(t)]_n , \qquad (4)$$

где $W(t)$ - определитель Вронского;

$W_{mi}(t)_{mi-e}$ - алгебраическое дополнение определителя, определяемое по правилу Крамера.

Подставив значение выходного сигнала модели $[Y_M]_n$ в выражение ошибки рассогласования, имеем

$$[\varepsilon]_n = Y_0 - \left[\sum_{i=1}^{m} K_i y_i + \sum_{i=1}^{m} k_i V_i y_i\right]_n .$$

Тогда критерий идентификации будет иметь вид

$$I = \frac{1}{T_1}\int_0^{T_1}\left[Y_0 - \left(\sum_{i=1}^{m} k_i y_i + \sum_{i=1}^{m} k_i V_i y_i\right)\right]_n^2 dt , \qquad (5)$$

который обеспечивается при выполнении условий $W(t) \neq 0$; $\Delta a_i(t) << \Delta x(t)$ на интервале $nT_1 \le t \le (n+1)T_1$.

Исходным шагом движения системы идентификации является нахождение составляющих решения однородного дифференциального уравнения по предварительно заданным начальным условиям, вектора фазового состояния $X(0)$ и начальных значений коэффициентов $a_i(0)$.

Ввиду того, что составляющие решения однородного дифференциального уравнения - суть функции параметров объектов управления и времени

$$y_i = f(a_0, a_1, \ldots, a_i)t = K_i \exp[\eta_i(a_0, a_1, \ldots, a_i)t], \qquad (6)$$

минимум критерия идентификации для (n+1)-го цикла будем искать в виде

$$\left[\frac{\partial I}{\partial a_i}\right] = \pm\frac{2}{T_h}\int_{T_0}^{T_0+T_H}\left[Y_0 - \left(\sum_{i=1}^{m} K_i y_i + \sum_{i=1}^{m} K_i V_i y_i\right)\right]_n \times$$

$$\times\left(\frac{\partial\sum\limits_{i=1}^{m}K_i y_i}{\partial a_i}+\frac{\partial\sum\limits_{i=1}^{m}K_i V_i y_i}{\partial a_i}\right)_n dt\ , \qquad (7)$$

$$T_0=T_Ц\text{-}T_Н,\ T_Ц=T_0+T_Н+T_П,\ T_П<<T_Н$$

$$[a_i]_n=a_i(0)+\sum_{n=1}^{N}[\Delta a_i]_n \qquad ,\ i=0,1,2,\ldots,m.$$

Полученная в результате минимизации система интегро-дифференциальных уравнений (7) представляет собой математическую модель и рекуррентный алгоритм функционирования адаптивной системы параметрической идентификации нестационарного динамического объекта управления, реализация которой в виде функциональной схемы представлена на рис.1.

Принцип работы полученной функциональной схемы сводится к следующему. Самонастраивающаяся модель свободного движения нестационарного объекта управления по заданным начальным условиям $y_{iM}(0)$ и $a_i(0)$, сохраняющим свое значение на интервале квазистационарности $nT_1 \le t \le (n+1)T_1$, ищет составляющие решения однородного дифференциального уравнения, которые используются системой для нахождения функции $V_i(t)$, необходимой для определения составляющих частного решения.

Алгебраическая сумма полученных решений представляет собой предварительное математическое описание реакций квазистационарного объекта управления на возмущающее воздействие Точность этого описания будет зависеть от того, насколько близки заданные начальные условия $y_{iM}(0)$ и $a_i(0)$ в моделях свободного и вынужденного движений объекта управления.

Полученное таким образом предварительное математическое описание реакции объекта управления дифференцируется, умножается на разность выходных сигналов объекта и модели вынужденного движения, интегрируется в указанных в алгоритме пределах и с коэффижиентом λ_i запоминается в дискретном интеграторе. Каждое такое дискретное значение $\lambda_i\left[\frac{\partial I}{\partial a_i}\right]_n$ представляет собой найденное изменение i-го коэффициента дифференциального уравнения,которым описывается поведение динамического объекта.

Это изменение в качестве поправки соответствующего коэффициента дифференциального уравнения в конце n-го цикла вводится в модели свободного и вынужденного движений для *(n+1)*-го цикла процесса идентификации. Приращение вектора фазового состояния $[\Delta Y_M]_n$, полученное при этом, суммируется с вектором начальнх условий $[Y_M]_n$ n-го цикла, и результат вводится в модель свободного движения в качестве начальных условий для *(n+1)*-го цикла процесса идентификации. Дальнейший процесс повторяется. По окончании каждого цикла работы система приводится в исходное состояние с новыми значениями коэффициентов a_i и новыми начальными условиями Y_{iM} .

Работа системы заканчивается тогда, когда ошибка рассогласования I выходных сигналов объекта и модели станет минимальной.

При этом значения параметров и составляющих вектора состояния моделей свободного и вынужденного движений являются оптимальными оценками искомых параметров и составляющих вектора состояния объекта управления.

Полученный алгоритм параметрической и фазовой идентификации является обобщенным, который позволяет производить одновременно параметрические оценки и оценки вектора фазового состояния.

SUMMARY

The synthesis method of the algorithm of indefication system's construction is proposed. The structure of the valuation system of dynamical parameters and phase coordinates is considered.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об одном способе идентификации многомерных линейных объектов методом самонастраивающихся моделей /Г.С.Володченко, Л.Н.Дроботенко //Сб.Приборы и системы автоматики. Изд-во ХГУ им.Горького. -1973, N 25, с. 61-5.
2. Костюк В.И.Беспоисковые градиентные самонастраивающие системы. - К.: Изд-во Техника, 1969, 184 с.
3. Егоров С.В. Аналоговая идентификация сложных динамических процессов.-М.: Изд-во Наука, 1969, 147 с.

Поступила в редколлегию 13 января 1995 года

УДК 620.179; 620.81

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ СКОРОСТИ ЗВУКА

Дорошков А.В., доц., Полонский А.Д., ст. преп.

В различных областях науки и техники большое распространение получили измерители скорости звука, построенные по синхрокольцевой схеме [1]. Их неоспоримым достоинством является большой диапазон измерений, а главным недостатком - недостаточное быстродействие.

В настоящей работе анализируется возможность повышения быстродействия измерителя скорости звука за счет реализации время - импульсного преобразования сигнала в цифровой код и применения микропроцессорной обработки информации.

Первичный преобразователь синхрокольцевых измерителей представляет собой по сути релаксационный генератор прямоугольных импульсов с параметрическим запаздывающим звеном обратной связи. Звено образовано излучающим и приемным электроакустическими преобразователями и заключенным между ними исследуемым объемом среды.

Период $T(t)$ следования выходных импульсов в рассматриваемом генераторе зависит от расстояния l между излучателем и приемником ультразвука, величины скорости звука $C(t)$ и дополнительного запаздывания сигнала τ_∂ в акустическом и электронном трактах:

$$T(t) = \frac{l}{C(t)} + \tau_\partial . \qquad (1)$$

Частота соответственно равна

$$F(t) = \frac{1}{T(t)} = \frac{C(t)}{l + C(t)\tau_\partial} \qquad (2)$$

Из выражений (1) и (2) можно получить рабочие уравнения для определения скорости звука:

$$C(t) = \frac{lF(t)}{1-F(t)\tau_\partial} \approx lF(t)[1 + F(t)\tau_\partial] \; ; \qquad (3)$$

$$C(t) = \frac{l}{T(t)-\tau_\partial} \approx \frac{l}{T(t)}\left[1 + \frac{\tau_\partial}{T(t)}\right] . \qquad (4)$$

Здесь учтено, что $\tau_\partial << T(t)$, а $F(t)\tau_\partial << 1$. В первом случае для определения скорости звука необходимо производить измерение частоты, а во втором - измерение периода с последующим нахождением обратной функции.

До последнего времени в технике измерений скорости звука применялись измерители первого типа, основное преимущество которых заключалось в возможности использования стандартных электронно-счетных частотомеров, а также в сравнительной простоте обрабавывающей части. Однако быстродействие и точность указанных