

МЕТОД НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Актуальность проблемы. Эффективность функционирования адаптивных систем управления во многом определяется оперативностью и надёжностью отбора информации об объекте, необходимой для его идентификации. Реализация подавляющего большинства самонастраивающихся систем основана на предположении о неизменной и априорно известной структуре объекта управления. В такой постановке задача идентификации сводится к определению неизвестных параметров [1]. Непараметрическая же идентификация требует гораздо большего временного интервала для отбора необходимой информации, что может привести к нарушению условий квазистационарности. Поэтому повышение оперативности отбора информации об объекте управления при непараметрической идентификации является актуальной задачей.

Сформулированная проблема характерна при автоматическом управлении объектами обогащительной технологии, такими как дробление и измельчение. Дробилки и барабанные мельницы являются явно выраженными нелинейными и нестационарными объектами управления, характеристики и параметры которых зависят от свойств исходного сырья и меняются в довольно широком диапазоне.

Постановка задачи. Математическая модель нестационарного нелинейного объекта управления представляет собой последовательное соединение нелинейного безинерционного и линейного динамического звеньев (рис. 1).

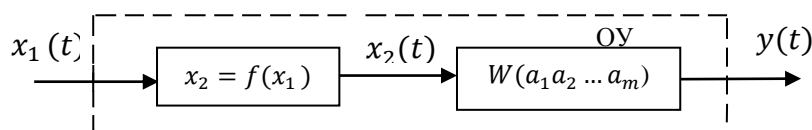


Рис. 1. Структурная схема объекта управления

Структура оператора $W(a_1 a_2 \dots a_m)$ известна. По измеренным на интервале времени $0 \div T$ процессам на входе $x_1(t)$ и выходе $y(t)$ необходимо определить статическую характеристику объекта $x_2 = f(x_1)$ и параметры $a_1 a_2 \dots a_m$ оператора W .

Метод решения задачи. Идея метода основана на очевидном утверждении: на периоде квазистационарности одним и тем же значениям x_1 соответствуют одни и те же значения x_2 . Процесс $x_2(t)$ не доступен непосредственному измерению, однако, он может быть рассчитан по $y(t)$ путем обратного преобразования:

$$x_2(t) = W^{-1}[y(t)].$$

Параметры $a_1 a_2 \dots a_m$ линейного оператора W неизвестны и задача идентификации сводится к определению таких значений $a_1 a_2 \dots a_m$, чтобы указанное выше утверждение выполнялось бы наилучшим образом. В качестве критерия при этом может выступать внутригрупповая дисперсия, а практическая реализация метода соответствует следующему алгоритму:

1. Предполагается, что измеренный процесс $x_1(t)$ на интервале $0 \div T$ обладает достаточной вариативностью в рабочем диапазоне от x_{1min} до x_{1max} . Этот диапазон разбивается на n достаточно малых интервалов с шагом $h = (x_{1max} - x_{1min})/n$. Обозначим: x_{1j} – середина j -го интервала, где $j = \overline{1, n}$.

2. Для определённых (заданных) значений параметров $a_1 a_2 \dots a_m$ выполняется обратное преобразование:

$$x_2(t) = W^{-1}(a_1 a_2 \dots a_m) \cdot [y(t)] \quad (1)$$

3. Процесс $x_2(t)$ на временном интервале $0 \div T$ представляется в виде дискретных равноотстоящих отсчетов x_{2i} $i = \overline{1, k}$ с шагом квантования по времени $\Delta t = T/k$.
4. Массив x_{2i} $i = \overline{1, k}$ разбивается на n групп соответствующих интервалам x_{1j} $j = \overline{1, n}$.
5. Для каждой j -ой группы рассчитывается групповая средняя $\overline{x_{2j}}$ и групповая дисперсия D_j .
6. Для всего массива x_{2i} рассчитывается внутригрупповая дисперсия $D_{вн.гр.}$.
7. Вычисления п. 2÷6 повторяются для новых значений параметров $a_1 a_2 \dots a_m$ до тех пор, пока для некоторого набора их значений не будет определено минимальное значение внутригрупповой дисперсии.

Другими словами, приведенный выше алгоритм реализует решение задачи:

$$D_{вн.гр.} \rightarrow \min_{a_1 \dots a_m} \quad (2)$$

Значения параметров $a_1 a_2 \dots a_m$, обеспечивающие минимум внутригрупповой дисперсии являются результатом идентификации. Кроме того, соответствие x_{1j} и групповых средних $\overline{x_{2j}}$ для минимальной $D_{вн.гр.}$ является оценкой статической характеристики $x_2 = f(x_1)$.

Организовать поиск минимума (2) можно либо методом простого перебора (при малом m), либо одним из известных методов оптимизации (например, методом спуска по координатам).

Целесообразно проанализировать влияние вида процесса $x_1(t)$ на результаты идентификации. Прежде всего, следует отметить, что задача (2) не будет решена, если соответствие входа x_1 и времени t является взаимнооднозначным на всём интервале $0 \div T$, как, например, показано, на рис.2,а. В этом случае каждая групповая дисперсия D_j $j = \overline{1, n}$ будет близка к нулю (а значит и $D_{вн.гр.} \approx 0$) при любых значениях параметров $a_1 a_2 \dots a_m$. В остальных общих случаях (например, как на рис.2,б) задача (2) будет иметь единственное решение.

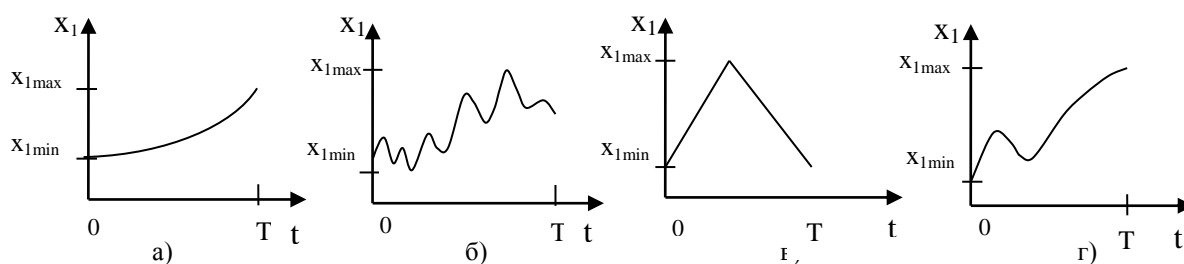


Рис. 2. Возможные виды процесса $x_1(t)$ на входе объекта

Процедуру идентификации можно активировать, если имеется возможность целенаправленно изменять вход $x_1(t)$ во всём рабочем диапазоне (рис.2,в). Активизация метода позволит существенно сократить время $0 \div T$, необходимое для отбора информации об объекте.

При незначительном влиянии помех интервал $0 \div T$ можно еще более сократить, задав входное воздействие как на рис.2,г.

Практическая апробация изложенного метода была выполнена в условиях рудообогатительных фабрик Северного и Ингулецкого ГОКов при построении математических моделей барабанных мельниц рудногалечного и самоизмельчения [2].

Вывод. Рассмотренный в статье метод непараметрической идентификации нелинейных нестационарных объектов позволяет сократить время отбора информации об объекте, что является решающим условием эффективной работы адаптивных систем управления.

Список литературы

1. Введение в идентификацию объектов управления /Л.А. Растрин, Н.Е. Маджаров. – М.: Энергия, 1977. – 216 с.
2. Новицкий И.В. Способ активной идентификации нелинейных динамических объектов //Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (33). – Дніпропетровськ, 2004. – С. 110-114.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Слесаревим В.В.