

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ УГЛЕПОТОКА

Спорыхин В.Я., Поляков А.И.

Донецкий государственный технический университет

Кафедра АСУ

E-mail: asu@kita.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Sporikhin V., Polyakov A. In the article the description of algorithm of identification of dynamic objects of systems of automation of technological processes of production is indicated and transportation of a mountain mass at the coal enterprises with use is correlative-spectral the theories and dates of passive experiment.

В современных условиях автоматизации технологических процессов горного производства, с применением вычислительных средств микропроцессорной техники, возникает задача идентификации множества динамических объектов по их характерным признакам в реальном режиме времени. При автоматическом управлении движением шахтного углепотока идентификация сложных динамических объектов является актуальной задачей современных исследований. В основу алгоритма работы математической модели объекта управления положена корреляционно-спектральная теория, а исследование объекта с применением этой теории состоит из двух этапов: определения времени запаздывания объекта и передаточной функции объекта с сосредоточенными параметрами.

При исследовании динамики объектов автоматического управления корреляционно-спектральная теория рассматривает систему движения углепотока как совокупность стационарных случайных процессов, в которых среднее по совокупности равно среднему по времени. Расчет оценки

спектральной плотности мощности производится с применением преобразования Фурье к оценке корреляционной функции. Для вычисления автокорреляционной (АКФ) и взаимокорреляционной (ВКФ) функций на ЭВМ случайные процессы на входе $x(t)$ и выходе $y(t)$ объекта управления должны быть квантованы по времени. Шаг квантования с учетом теоремы Котельникова определяется соотношением $\Delta t \leq 0,1f_{\max}^{-1}$, где f_{\max} – максимальная частота случайных процессов $x(t)$ и $y(t)$. Максимальное время корреляции сигнала определяется из соотношения $\tau_{\max} \geq f_{\min}^{-1}$, где f_{\min} – минимальная частота случайных процессов $x(t)$ и $y(t)$. Интервал наблюдений случайных процессов $x(t)$ и $y(t)$ для точности определения корреляционных функций (2 %) должен быть $T \approx 16\tau_{\max}$ [1].

Вычисление оценок АКФ и ВКФ производится по формулам:

$$\begin{cases} R_{xx}(\mu) = \frac{1}{N - \mu + 1} \sum_{v=1}^{N-\mu} \Delta x_v \Delta x_{v+\mu}; \\ R_{xy}(\mu) = \frac{1}{N - \mu + 1} \sum_{v=1}^{N-\mu} \Delta x_v \Delta y_{v+\mu}; \\ R_{yx}(\mu) = \frac{1}{N - \mu + 1} \sum_{v=1}^{N-\mu} \Delta y_v \Delta x_{v+\mu}; \end{cases} \quad (1)$$

где $\mu = 1, \dots, M$; $M = \tau_{\max} / \Delta t$.

Для определения момента времени запаздывания объекта Z произведем нормирование функций (1) и усечение их колебательных хвостов:

$R_{xx}^{(n)}(\mu) = R_{xx}(\mu) / \sigma_x^2$; $R_{xy}^{(n)}(\mu) = R_{xy}(\mu) / \sigma_x \sigma_y$; где (n) означает нормированное значение функции; σ – среднеквадратичное отклонение.

Усечение колебательных хвостов производится по уравнению

$$R^{(y)}(\mu) = \begin{cases} R^{(n)}(\mu) \rightarrow \text{при } R^{(n)} > 0,05R^{(n)}(0); \\ 0 \rightarrow \text{при } R^{(n)} \leq 0,05R^{(n)}(0) \end{cases} \quad (2)$$

Учитывая симметричность АКФ, интервал времени от начала возрастания функции до ее максимума можно заменить интервалом времени спада и тогда $z = \Delta t_x - \Delta t_{xy}$, где Δt_x — интервал спада $R_{xx}^{(y)}(\mu)$; Δt_{yx} — интервал спада $R_{yx}^{(y)}(\mu)$.

После определения времени запаздывания объекта z функции ВКФ (4.1) необходимо сдвинуть, то есть осуществляется переход к функциям:

$$R_{xy}^*(\mu) = R_{xy}(\mu - z); \quad R_{yx}^*(\mu) = R_{yx}(\mu + z).$$

Оценки спектральной плотности мощности на ЭВМ вычисляются с помощью дискретного преобразования Фурье оценок (1) АКФ и ВКФ:

$$S_i = S_{xx}(\omega)_i = 2\Delta t (R_{xx}(0) + 2 \sum_{\mu=1}^M R_{xx}(\mu) \cos \omega_i \mu),$$

$$R_i = \operatorname{Re}\{S_{xy}(\omega)\}_i = 2\Delta t \left\{ R_{xy}^*(0) + \sum_{\mu=1}^M [(R_{xy}^*(\mu) + R_{yx}^*(\mu))/2] \times \right. \\ \left. \times \cos \omega_i \mu + [(R_{xy}^*(M) + R_{yx}^*(M))/2] (-1)^i \right\};$$

$$I_i = \operatorname{Im}\{S_{xy}(\omega)\}_i = 2\Delta t \sum_{\mu=1}^M [(R_{xy}^*(\mu) - R_{yx}^*(\mu))/2] \sin \omega_i \mu, \quad (3)$$

где $i = 0, 1, \dots, M$; S_i , R_i , I_i — дискретные оценки спектральной плотности мощности $S_{xx}(\omega)$ и действительной и мнимой частей взаимной спектральной плотности $S_{xy}(\omega)$. Частота ω_i меняется от $\omega_0 = 0$ до $\omega_g = \pi / \Delta t$ с интервалом $\Delta \omega = \pi / \tau_{\max}$.

Оценки (3) асимптотически не смещенные, однако являются не состоятельными, так как дисперсия этих оценок стремится не к нулю, а к квадрату оцениваемых величин. Для получения состоятельных оценок функций $S_{xx}(\omega)$ и $S_{xy}(\omega)$ необходимо значения S_i , R_i и I_i сгладить по частоте. Сглаживание производим с помощью выделяющей функции Хеннинга [2]. В дискретном изображении сглаживание производится по формулам:

$$A_0^* = \frac{1}{2}(A_0 + A_1); \quad A_i^* = \frac{1}{4}(A_{i-1} + \frac{1}{2}A_i + \frac{1}{4}A_{i+1});$$

$$A_M^* = \frac{1}{2}(A_{M-1} + A_M); \text{ где } i = 0, 1, \dots, M; \quad A_i^* - \text{сглаженные оценки } S_i^*, R_i^*, I_i^*;$$

$$I_i^* - \text{оценки } S_i, R_i, I_i, \text{ полученные из выражения (3).}$$

Действительная $P(\omega)$ и мнимая $Q(\omega)$ части амплитудно-фазовой характеристики определяются через оценки S_i^*, R_i^*, I_i^* спектральных плотностей мощности $S_{xx}(\omega)$ и $S_{xy}(\omega)$ по формулам $P_i = R_i^* / S_i^*$, $Q_i = I_i^* / S_i^*$.

По данным P_i и Q_i построены графики вещественной и мнимой частотных характеристик технологических процессом объекта управления. Они несут в себе полную информацию о виде передаточной функции $W(P) = M(P) / N(P)$ и численных значениях коэффициентов и порядке полиномов $M(P)$ и $N(P)$. Учитывая, что реальные технологические процессы добычи и транспортировки угля достаточно точно описываются линейными дифференциальными уравнениями не выше четвертого порядка, составляем алгоритм машинной обработки массивов P_i и Q_i для определения вида функции $W(P)$ и численных значений коэффициентов этой функции [3].

Схема алгоритма идентификации динамических объектов системы автоматизации технологических процессов добычи и транспортировки угля приведена на рис. 1.

Для проверки алгоритма идентификации с помощью специальной программы-имитатора реальных объектов управления формируются массивы x_v и y_v для заданного типа функции $W(P)$. Массив x_v формируется специальным генератором псевдослучайного входного сигнала. Полученное с генератора управляющее воздействие x_v подается на модель объекта $W_m(P)$ с известными параметрами K, z, b_1, a_i . Выходной сигнал с модели $y_m(t)$

суммируется с сигналом случайной помехи $f(t)$. Случайная помеха формируется генератором нормально-распределенных случайных чисел с нулевым математическим ожиданием и некоррелированных - с сигналом $x(t)$.

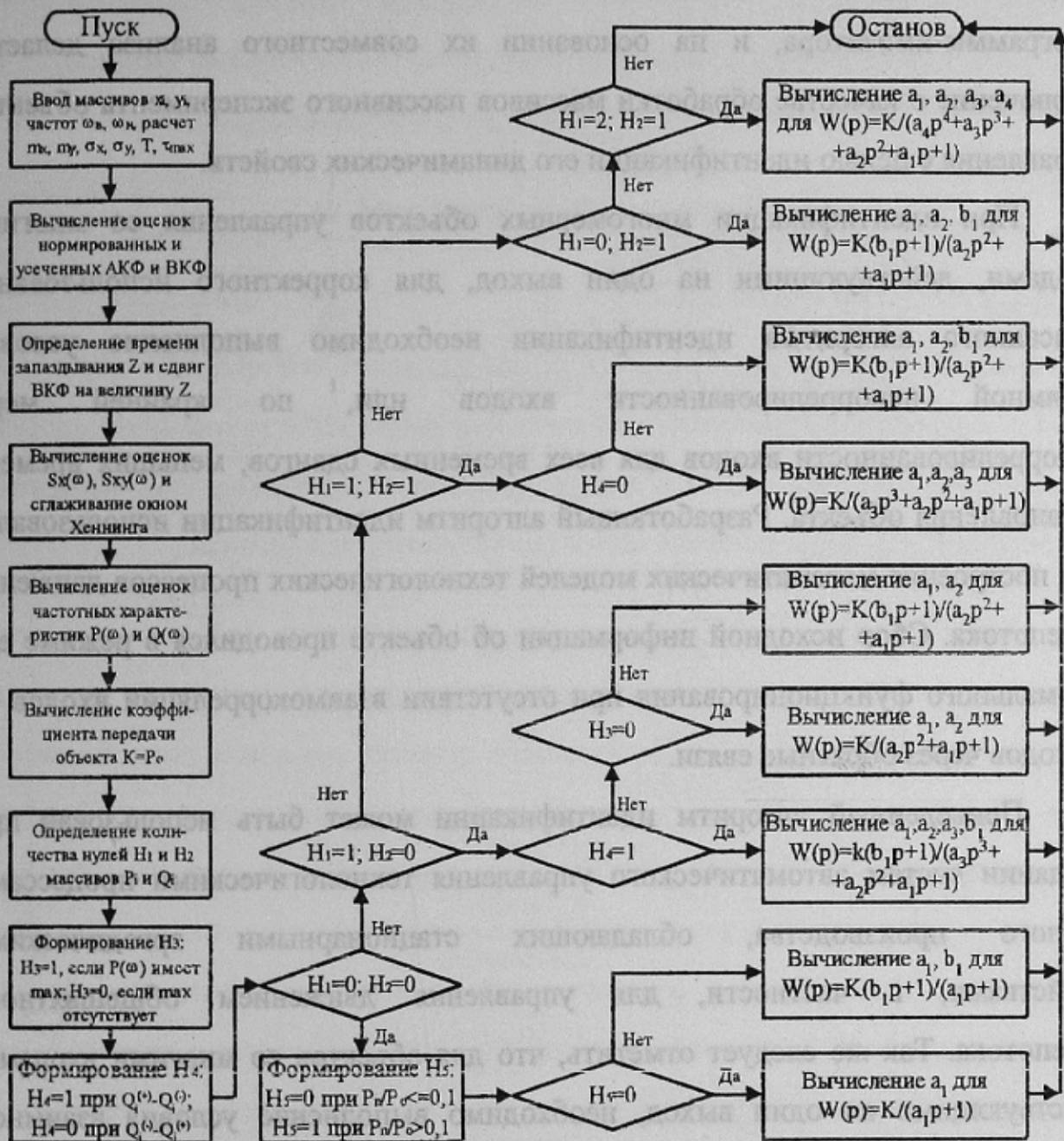


Рисунок 1 - Схема алгоритма идентификации динамических объектов управления в системе автоматизации управления движением углепотока.

Полученные с помощью программы-имитатора массивы x_v и y_v для известной функции $W_m(P)$ обрабатываются программой идентификации. Результаты обработки сравниваются с исходными данными, заданными для программы-имитатора, и на основании их совместного анализа делается заключение о качестве обработки массивов пассивного эксперимента объектов управления с целью идентификации его динамических свойств.

При идентификации многомерных объектов управления со многими входами, действующими на один выход, для корректного использования описанного алгоритма идентификации необходимо выполнение условий взаимной некоррелированности входов или, по крайней мере, некоррелированности входов для всех временных сдвигов, меньших времени установления объекта. Разработанный алгоритм идентификации использовался для построения математических моделей технологических процессов движения углеструйки. Сбор исходной информации об объекте проводился в режиме его нормального функционирования при отсутствии взаимокорреляции входов от выходов через обратные связи.

Приведенный алгоритм идентификации может быть использован при создании систем автоматического управления технологическими процессами горного производства, обладающих стационарными эргодическими свойствами, в частности, для управления движением общешахтного углеструйки. Так же следует отметить, что для объектов со многими входами, действующими на один выход, необходимо выполнение условия взаимной некоррелированности входов.

Литература

1. Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. М.: Энергия, 1979.
2. Грибанов И.Ю., Мальков В.Л. Спектральный анализ случайных процессов. М.: Энергия, 1974.

3.Коробко И.М.Алгоритм идентификации динамических объектов на основе пассивного эксперимента./ Респ.межвед.науч.-технич.сб.: Адаптивные системы автоматического управления, вып.15, Киев, «Техника», 1987.

