

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ПРИ НАЛИЧИИ ВОЗМУЩЕНИЙ

Задача идентификации является одним из главных этапов при проектировании систем автоматического управления динамическими теплоемкими объектами. Серьезные трудности при решении указанной задачи возникают в связи с нелинейностью моделей динамики большинства теплоемких аппаратов и значительным влиянием возмущающих воздействий [1].

В роли объекта управления рассмотрена прецизионная многозонная электрическая печь, применяющаяся при производстве позисторов на Котовском заводе «Алмаз». При построении модели динамики решались следующие задачи:

- планирование и проведение эксперимента;
- разбиение температурного интервала разогрева печи на стадии, в пределах которых параметры моделей изменяются незначительно (задача разбиения);
- расчет параметров модели для всех зон и стадий (задача оценки параметров);
- разработка алгоритмов оперативной оценки параметров модели при отказах нагревательных элементов.

В качестве примера на рис. 1 приведены экспериментальные и расчетные данные для второй зоны.

Как видно из рис. 1, зависимость изменения температуры от времени носит нелинейный характер. Изучение объекта привело к выводу, что нелинейность можно объяснить тепловым влиянием соседних зон и температурным изменением теплофизических характеристик материалов в рабочей зоне.

Для описания динамических режимов на разных стадиях разогрева печи использовались дифференциальные уравнения 2-го порядка вида

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = z_2(t), \\ \dot{z}_2 = bU(t) + cW(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $z_1$ ,  $z_2$  – температура и скорость ее изменения,  $b$  и  $c$  – параметры модели,  $U$  – управление,  $W$  – возмущение.

Возмущающее воздействие  $W$  определяется как сумма разности температур между соседними зонами.

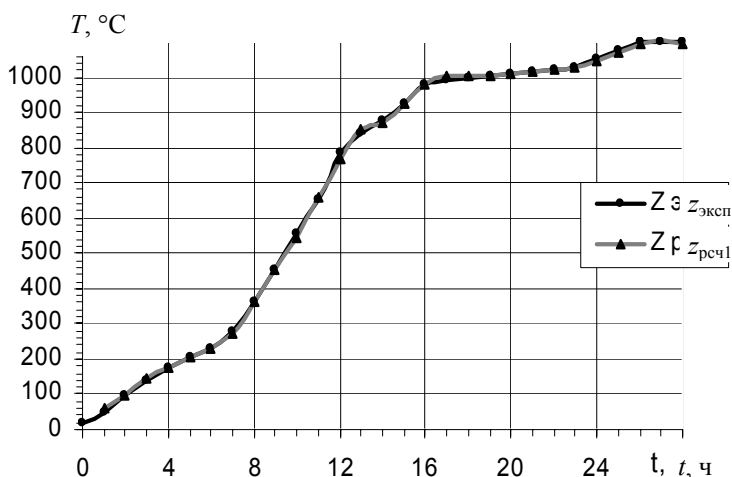


Рис. 1 Термограммы по экспериментальным и расчетным данным

От непрерывной модели объекта (1) перейдем к дискретной:

$$\tilde{z}_1(t + \Delta t) = z_1(t) + \Delta t z_2(t) + \frac{1}{2} \Delta t^2 b U(t) + \frac{1}{2} \Delta t^2 c W(t), \quad (2)$$

где  $\Delta t$  – шаг квантования.

Для определения параметров модели был использован поисковый метод Гаусса–Зайделя, в качестве критерия рассматривалась минимальная абсолютная погрешность между экспериментальными и расчетными значениями температуры.

Для обеспечения требуемой точности было принято решение разбить исходную термограмму на 3 – 5 участков, для которых провести описанный выше расчет. В данном случае первоначальное разбиение проводилось на четыре части (по характеру изменения термограммы), соответствующие температурным интервалам (20...277), (277...878), (878...1015), (1015...1100). Для каждого участка были определены значения параметров  $b$  при управлении  $U$  и  $c$  при возмущении  $W$ .

Уточнение границ температурных зон проводилось по условию

$$\max_j \{ |\tilde{z}(j) - \hat{z}(j)| \} \leq \Delta z_i, \quad j = 1 \dots t, \quad (3)$$

где  $\Delta z_i$  – допустимая абсолютная погрешность для  $i$ -го участка зоны.

Путем усложнения модели объекта удалось повысить точность спрогнозированных значений температур.

Полученные параметры модели для различных температурных участков рабочей зоны приведены в табл. 1.

| Участок 1 |          | Участок 2 |          | Участок 3 |          | Участок 4 |          |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| <i>b</i>  | <i>c</i> | <i>b</i>  | <i>c</i> | <i>b</i>  | <i>c</i> | <i>b</i>  | <i>c</i> |
| 0,76      | 0,49     | 0,7       | 0,79     | 0,01      | 0,67     | 0,01      | 0,19     |

Полученные термограммы приведены на рис. 1.

Таким образом, предложенная методика позволяет определить параметры модели для всех зон и стадий многозонной электрической печи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Муромцев Д.Ю., Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Синтез энергосберегающего управления многостадийными процессами комбинированным методом //Автоматика и телемеханика. 2002. № 3. С. 169 – 178.

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»*