УДК 066. 097

р

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

А.О.Оспанова
ЮКГУ им.М.Ауезова, г. Шымкент

Получение математической модели процесса – один из основных и трудоемких этапов создания системы управления.

Математическая модель, полученная на основе физических законов, дает возможность вычислить почти точное значение параметров процесса в любой момент времени. Такая модель называется детерминированной. Но на практике не существует целиком детерминированных моделей, так как всегда существует ряд неизвестных и независимых факторов, влияющих на ход процесса. Для таких объектов детерминированная модель не может быть использована для управления процессами, где необходимо прогнозировать поведение процессов в будущем.

Существуют математические модели, позволяющие вычислить вероятность того, что некоторые будущие значения параметров будут лежать в определенном интервале. Такая модель называется вероятностной или стохастической.

Современным способом разработки математических моделей в условиях действующего предприятия является идентификация, т.е. это способ моделирования промышленных процессов.

Под идентификацией процесса в общем смысле понимается построение математической модели, эквивалентной реальному процессу.

В промышленных производствах, не допускающих постановки активного эксперимента, всегда имеется база данных об измеренных значениях параметров процесса, причем эта информация представлена в форме временных рядов, т.е. множества наблюдений, генерируемых последовательно во времени. При этом наблюдения зависимы, характер этой зависимости определяется особенностями исследуемого процесса и необходимо сделать выборку из множества наблюдаемых данных с определенным интервалом дискретности входных и выходных переменных объекта.

На сегодняшний день практически на все технологические процессы имеются математические модели, которые в смысле некоторого критерия описывают процессы. Однако не все эти модели пригодны для описания промышленных процессов, т.к. они создавались в условиях и по данным экспериментальных, пилотных установок. При переходе к крупным промышленным аппаратам, где другие условия ведения процесса, другая гидродинамическая ситуация, одной из актуальных задач при моделировании является обеспечение адекватности математической модели реальному промышленному процессу.

Рассмотрим задачу идентификации типового процесса. Сделаем анализ априорной информации об исследуемом объекте. Предполагаем известной структуру математической модели, которая была получена в результате экспериментального исследования кинетических закономерностей процесса, экспериментального изучения гидродинамических особенностей процесса, структуры потоков в аппаратах.

Априорная математическая модель промышленного процесса может быть представлена для удобства использования ее в задаче оценивания в форме описания «вход – выход»:

$$y_n = A_1 y_{n-1} + A_2 y_{n-2} + \cdots + A_p y_{n-p} + \varepsilon_n \tag{1}$$

Здесь в качестве входных и выходных переменных могут быть приняты технологические параметры.

Динамическая модель в дискретном виде представляется уравнением:

$$y_{jn+1} = y_{jn} + y_{j-1n} + A\, x_{j\,n} + \varepsilon_n \tag{2}$$

где $j = \overline{1, m}$; m – число аппаратов.

Это комбинированная математическая модель, в основе которой лежит детерминированная модель процесса с включением в нее аддитивной помехи ε, аккумулирующей все неучтенные факторы. Этими факторами могут быть такие, как изменения условий процесса, структуры потоков при переходе к промышленным аппаратам большой мощности, а также другие неконтролируемые процессы.

Эти факторы, вызывающие отклонение реального промышленного процесса от усредненного идеализированного состояния, описываемого детерминированной моделью, считаем суммарным ненаблюдаемым шумом в объекте ε, который, согласно центральной предельной теореме, подчиняется закону распределения Гаусса и представляет собой некоррелированные между собой и во времени случайные последовательности неконтролируемых возмущений с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией:

$$M[\varepsilon_n] = 0; \quad M[\varepsilon_n \, \varepsilon_{n+1}] = \delta_o; \qquad \delta_o = \begin{cases} 1, & i \neq 0 \\ 0, & i = 0 \end{cases} \tag{3}$$

δ_o – символ Кронекера; n – дискретное время.

В соответствии с этим ставится задача разработки математической модели, позволяющей учесть влияние случайных неконтролируемых возмущений.

При такой постановке задачи часто выбирается чисто эмпирический способ построения моделей с помощью уравнений множественной регрессий. Однако такие уравнения дают удовлетворительные результаты только для узких условий, при которых они получены.

Более точное описание процесса может быть получено при использовании структуры модели, соответствующей физико-химическим закономерностям процесса с включением в нее источника неопределенности (модели шума).

Поскольку большинство промышленных процессов непрерывны, то случайные воздействия в объекте имеют плавный характер изменения во времени, их значения в последующий момент времени зависят от значения в предыдущий момент. В силу этого введем предположение о коррелированности во времени ненаблюдаемого шума в объекте [1].

Модель шума в авторегрессионной форме опишем уравнением:

$$\vartheta_n = \lambda \vartheta_{n-1} + \varepsilon_n \,, \tag{4}$$

где λ – неизвестный коэффициент.

Таким образом, случайный процесс ϑ_n регрессирует на прошлое отклонение процесса ϑ_{n-1}. При этом математическая модель, описывающая статику процесса, представляется в виде:

$$У = A\,X + \vartheta_n \tag{5}$$

Модель динамики процесса позволяет прогнозировать текущие значения переменных состояния объекта на один такт. Стохастическая модель процесса в (n+1) – момент времени с учетом действия коррелированной помехи принимает вид:

$$y_{j\,n+1} = y_{jn} + y_{j\text{-}1n} + A_j\, x_{jn} + \vartheta_{jn+1} \tag{6}$$

Предлагаем способ идентификации или, в данном случае, оценивания коэффициентов модели из условия минимизации ординат взаимнокорреляционной функции между белым шумом ε_n и наблюдаемыми переменными. Частным случаем такого подхода является метод наименьших квадратов.

Для оценивания неизвестных коэффициентов модели необходимо иметь оценки вторых моментов $R_{xx}[k]$, $R_{xy}[k]$ (оценки авто– и взаимнокорреляционных функций) входных и выходных переменных X и Y.

В этом случае качество идентификации оценивается по значению среднеквадратичной ошибки (СКО) прогноза выходной переменной состояния на один шаг на данной реализации δ [2, 3].

$$\delta_{ст.} = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}[y_n - \hat{A}x_n]^2 = \hat{R}_{yy}(0) - 2\hat{A}\hat{R}_{xy}(0) + A^2\hat{R}_{xx}(0) \qquad (7)$$

Оценки дисперсии прогноза (или СКО) для динамической системы $\delta_{дин}$ определяются из выражения:

$$\begin{aligned}\hat{\delta}_{дин.} &= \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}[y_n - y_{n-1} - \hat{A}x_{n-1}]^2 = \\ &= \hat{R}_{yy}(0) + \hat{R}_{yy}(1) + A\hat{R}_{xy}(0) - 2A\hat{R}_{xy}(1) + A^2\hat{R}_{xx}(0)\end{aligned} \qquad (8)$$

Значение среднеквадратичной ошибки прогноза δ для оценок параметров и оценок вторых моментов для динамической системы с учетом коррелированности помех может быть выражено в виде:

$$\begin{aligned}\hat{\delta} &= \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}[y_{n+1} - \hat{y}_{n+1}]^2 = \varphi_1\hat{R}_{yy}(0) + \varphi_2\hat{R}_{yy}(1) + \varphi_3\hat{R}_{yy}(2) + \varphi_4\hat{R}_{yy}(-1) + \\ &+ \varphi_5\hat{R}_{xy}(0) + \varphi_6\hat{R}_{xy}(1) + \varphi_7\hat{R}_{xy}(2) + \varphi_8\hat{R}_{xx}(0) + \varphi_9\hat{R}_{xx}(1);\end{aligned} \qquad (9)$$

или

$$\hat{\delta} = \sum_{\tau=-1}^{2}\hat{R}_{yy}(\tau)\varphi_\tau + \sum_{\tau=0}^{2}\hat{R}_{xy}(\tau)\varphi_\tau + \sum_{\tau=0}^{1}\hat{R}_{xx}(\tau)\varphi_\tau$$

где φ - постоянные коэффициенты.

Таким образом, предложен способ идентификации промышленных процессов, который в определенных задачах может быть сведен к оценке коэффициентов математической модели с учетом коррелированности помех. Такая модель позволяет получить наилучший прогноз, осуществлять оптимальное управление процессом.

Литература

1 Оспанова А., Штейнберг Ш.Е. Идентификация параметров математической модели промышленного реактора полимеризации стирола с учетом коррелированности помех //Вопросы промышленной кибернетики.-1976.- №48. -С.37-38.

2 Оспанова А.О. Идентификация процесса полимеризации стирола //Труды международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях ММТТ-14». - Смоленск, 2001.-С.51-52.

3 Оспанова А.О., Кокетаев А.И. Идентификация математической модели процессов химической технологии //Промышленность Казахстана.- №3.- 2004.- С.88-89.

Қорытынды

Бұл жұмыста өндірістік процестерді идентификациялаудың тәсілдері және корреляциялық бөгеттер есебімен математикалық үлгінің коэффициенттерін бағалау ұсынылған. Мұндай үлгі процестерді тиімді басқаруды іске асыруда дұрыс бағдар алуға мүмкіндік береді.

Summary

In this work the way of identification of industrial processes, also estimation of factors of mathematical model with the account of correlated handicapes is offered. Such model allows to receive the best forecast, to carry out optimum control of process.