

УДК 519.672

Т. А. Носик, аспіранткаИнститут проблем моделирования в энергетике
им. Г. Е. Пухова НАН Украины, г. Киев

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Рассмотрены некоторые методы идентификации и их связь с задачей диагностирования непрерывных объектов.

Ключевые слова: *математическая модель, идентификация, техническая диагностика.*

Ведение. Рассматривая задачи диагностики и идентификации, мы имеем дело с недоопределенными системами объект — модель. В задаче идентификации недоопределенной является модель, в то время как объект считается в достаточной мере изученным. В задаче же диагностики недоопределенность лежит в объекте. Но и в этом случае, как и при идентификации, изменения вносятся в модель. Те изменения, которые необходимо внести в модель для достижения идентичности с объектом, при их физической и инженерной интерпретации, и дают основания для постановки диагноза. Методически обе задачи решаются практически одинаково [6], и задачу диагностики можно рассматривать как задачу идентификации некоего нового объекта, который отличается от известного новыми свойствами параметрического или структурного характера, при возникновении отклонения от расчетных режимов работы. Для этого вносятся определенные изменения в модель объекта, цель которых привести в соответствие поведение модели с поведением объекта.

Таким образом, методы идентификации можно успешно применять при решении задач технической диагностики. Рассмотрим некоторые методы идентификации и их связь с задачей диагностирования непрерывных объектов.

Методы идентификации непрерывных объектов. Методы идентификации предназначены для построения по наблюдаемым входным и выходным сигналам объекта его оптимальной, в некотором смысле, модели. Широкое разнообразие постановок задач идентификации технических систем потребовало разработки различных методов идентификации, изложенных в многочисленных статьях и книгах. Общепринято различать идентификацию в узком и широком смысле [1; 2]. При идентификации в широком смысле требуется определить как структуру модели (структурная идентификация), так и ее параметры. При этом решаются задачи оценивания числа переменных, линейности, стационарности и других свойств идентифицируемого объекта. Под идентификацией в узком смысле понимается определение пара-

метров модели при заданной структуре (параметрическая идентификация). При контроле и диагностировании технических систем используются, в основном, методы параметрической идентификации, которые в настоящее время достаточно развиты и во многих случаях соответствуют задачам параметрического контроля и определения места соответствующих неисправностей.

Методы параметрической идентификации можно разделить на две группы [1]: методы, основанные на использовании явных математических выражений для определения искомых параметров (явные методы), и методы, использующие модель с заданной структурой, параметры которой подстраиваются таким образом, чтобы характеристики модели и объекта были близки в некотором смысле.

Процедуру идентификации рассмотрим на следующих примерах.

Пусть линейный по параметрам объект описывается зависимостью

$$y = p_1 u_1 + p_1 u_2 + \dots + p_m u_m + \xi, \quad (1)$$

где y — выходной сигнал объекта; $u_1 \dots u_m$ — сигналы управления; $p_1 \dots p_m$ — параметры, которые требуется идентифицировать; ξ — шум измерений.

Уравнение (1) может быть записано в векторной форме

$$y = P^T U + \xi, \quad (2)$$

где $P = (p_1, \dots, p_m)^T$, $U = (u_1, \dots, u_m)^T$, T — знак транспонирования. Требуется, располагая переменными y и U , оценить параметры объекта. Модель, параметры которой $\hat{P} = (\hat{p}_1, \dots, \hat{p}_m)$ определяются методами идентификации, имеет вид

$$\hat{Z} = \hat{P}^T U, \quad (3)$$

где \hat{Z} — оценка выходного сигнала. Параметры \hat{P} модели (3) представляют собой оценки параметров P объекта (2).

На практике широкое распространение получил метод наименьших квадратов [1; 2], в котором оценки параметров объекта определяются из условия минимума квадратичного функционала

$$J(\hat{P}) = \sum_{j=1}^N (y_j - \hat{P} U_j)^2, \quad (4)$$

где y_j , U_j — значения выходного и входного сигналов объекта соответственно. Обозначив

$$b = (y_1, \dots, y_N)^T, \Phi = \begin{vmatrix} u_1^1, \dots, u_m^1 \\ \dots \dots \dots \\ u_1^N, \dots, u_m^N \end{vmatrix},$$

выражение (4) запишем следующим образом

$$J(\hat{P}) = (b - \Phi\hat{P})^T (B - \Phi\hat{P}). \quad (5)$$

Условие минимума функционала имеет вид

$$\frac{\partial J(\hat{P})}{\partial \hat{P}} = 2\Phi^T (B - \Phi\hat{P}) = 0. \quad (6)$$

Перепишем (6) в виде системы нормальных уравнений

$$\Phi^T \Phi \hat{P} = \Phi^T b. \quad (7)$$

Решением системы нормальных уравнений (7) является оценка вектора параметров

$$\hat{P} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T b, \quad (8)$$

где $\Phi^T \Phi$ — информационная матрица Фишера, определитель которой предполагается не равным нулю.

Оценка \hat{P} является оптимальной, если ξ — нормально распределенный шум измерений с математическим ожиданием $E[\xi] = 0$ и ковариационной матрицей $\text{cov}[\xi] = \delta^2 I$, где I — единичная диагональная матрица [1].

Процедура идентификации значительно усложняется для объектов, нелинейных по параметрам:

$$y = f(P, U). \quad (9)$$

Модель, используемая при идентификации, (9) имеет вид

$$\hat{Z} = f(\hat{P}, U). \quad (10)$$

Минимизируемый функционал (4) с учетом (10) записывается следующим образом:

$$J(\hat{P}) = \sum_{j=1}^N \left[y_j - f(\hat{P}, U_j) \right]^2. \quad (11)$$

В матричной форме (11) преобразуется к виду

$$J(\hat{P}) = \left[b - \Phi(\hat{P}) \right]^T \left[b - \Phi(\hat{P}) \right], \quad (12)$$

где $b = (y_1, \dots, y_N)^T$, $\Phi(\hat{P}) = \left[f(\hat{P}, U_1), \dots, f(\hat{P}, U_N) \right]^T$.

Оценка \hat{P} вектора параметров P находится из условия

$$\frac{\partial J(\hat{P})}{\partial \hat{P}} = 0,$$

которое для (12) имеет вид

$$\frac{\partial J(\hat{P})}{\partial \hat{P}} = \frac{\partial [\Phi(\hat{P})]^T}{\partial \hat{P}} \left[b - \Phi(\hat{P}) \right] = 0. \quad (13)$$

Выражение (13) представляет собой систему нелинейных алгебраических уравнений, решением которой является искомая оценка \hat{P} вектора параметров P объекта (10).

При идентификации динамических объектов

$$\dot{y} = f(y, U, P, t),$$

оценка \hat{P} параметров P может определяться подстройкой параметров модели

$$\dot{Z} = f(Z, U, \hat{P}, t) \quad (14)$$

и условия получения минимума функционала вида (11). Для уравнений вида (14) необходимо привлечь численные методы решения дифференциальных, а не алгебраических уравнений.

Из приведенных выражений следует, что для решения задачи параметрической идентификации структура модели объекта должна быть известна. При этом сложность процедуры идентификации существенно зависит от свойств линейности или нелинейности модели объекта по параметрам.

Диагностирование аналоговых объектов методами идентификации. Задачи диагностики, если они не осуществляется путем прямого измерения параметров, всегда представляют собой некоторую обратную задачу, в частности, задачу оценки параметров объекта по его входным и выходным сигналам. Для этого имеется возможность привлечь различные методы идентификации, которые обладают значительными возможностями для решения задач контроля и диагностирования.

Принципиальное отличие задачи диагностирования от задачи идентификации состоит в том, что при диагностировании в конечном счете определяется не модель объекта, как при идентификации, а отклонение модели от некоторого эталона. За эталон обычно принимается модель исправного объекта.

При традиционном использовании методов идентификации для решения задач технической диагностики предполагается, что модель неисправного объекта может отличаться от модели исправного объекта только значениями идентифицируемых параметров [3—5]. При диагностировании к процедуре идентификации добавляются две операции:

- 1) сравнение оценки вектора параметров, полученной модели идентификации, с номинальными значениями параметров объекта;
- 2) установление конструктивных элементов объекта, определяющих значения параметров, оценки которых отличаются от номинальных значений на величину больше допустимой.

Методы идентификации позволяют решать задачу диагностирования объектов с обратными связями как по тестовым входным сигналам, так и в условиях нормального функционирования объекта. При этом до-

пускаются отклонения любого числа идентифицируемых параметров. Рассмотрим назначение основных блоков системы диагностики.

Объект диагностирования. Пусть исправный объект описывается системой уравнений

$$\dot{Y} = f(Y, U, P, t). \quad (15)$$

Предполагается, что неисправный объект описывается уравнениями той же структуры, что и (15), но с другими параметрами

$$Z = f(Z, U, Q, t).$$

Наблюдению доступны только выходы Z и входы U объекта.

Блок наблюдения. В блоке наблюдения путем измерения или расчета соответствующих величин формируется информация о входных и выходных сигналах объекта. Наблюдаемый вектор Y^* является, в общем случае, известной функцией векторов состояния объекта Y и управлений U :

$$Y^* = \varphi(Y, U) + \xi,$$

где ξ — аддитивный шум системы наблюдения. В системе наблюдения может производиться отделение сигнала от шума, т.е. решаться задача фильтрации.

Блок идентификации. В этом блоке определяются оценки параметров объекта Q . Блок идентификации является наиболее сложным в вычислительном отношении.

Блок распознавания. В блоке проводится сравнение оценок параметров, полученных в блоке идентификации, с номинальными значениями и определяется список подозреваемых неисправностей объекта.

Конкретная реализация рассмотренного алгоритма зависит от вида модели объекта и условий проведения диагностирующего эксперимента.

Выводы. Сложность задачи производственного контроля и диагностирования обуславливается наличием обратных связей, широким классом допустимых неисправностей и их кратностью, а также требованиями технологичности.

В настоящее время не существуют универсальные методы, которые позволяют полностью решить задачи производственного контроля и диагностирования. Перспективным является направление в технической диагностике, использующее хорошо разработанную теорию идентификации технических систем. Однако ряд существенных ограничений (в основном, на класс допустимых неисправностей), присущих непосредственному применению методов идентификации при диагностировании, приводит к необходимости разработки подходов, учитывающих особенности задач технической диагностики и позволяющих снять указанные ограничения.

Список использованной литературы:

1. Эикхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эикхофф. — М. : Мир, 1975. — 683 с.
2. Райбман Н. С. Построение моделей процессов производства / Н. С. Райбман, В. М. Чадеев. — М. : Энергия, 1975. — 376 с.
3. Воронин В. В. Диагностирование технических объектов / В. В. Воронин. — Хабаровск : Хаб. гос. тех. ун-т, 2002. — 184 с.
4. Глущенко П. В. Техническая диагностика: моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов / П. В. Глущенко. — М. : Вузовская книга, 2004. — 248 с.
5. Емельянов С. В. Алгоритмы управления и идентификации / С. В. Емельянов, С. К. Коровин // Сб. науч. тр. Ин-т системного анализа. — М. : МГУ, 1997. — 170 с.
6. Латышев А. В. Применение методов идентификации для контроля вычислительных процессов / А. В. Латышев, И. Е. Ефимов // Тез. докл. IV Всесоюзн. совещ. по техн. диагностике. — 1979.

It is proposed review of identification methods, which are successfully applied for solving problems of technical diagnostics. Some methods of identification and them connection with the problem of diagnosing are considered in the article.

Key words: *mathematical model, identification, technical diagnostics*

Отримано: 02.03.2012

УДК 621.34–501.72

Р. Я. Паранчук, канд. техн. наук,

Я. С. Паранчук, д-р техн. наук

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів

БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ КООРДИНАТ ЕЛЕКТРИЧНОГО РЕЖИМУ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Запропоновано ієрархічну структуру системи адаптивного екстремального керування режимами дугової сталеплавильної печі. Обґрунтовано модель синтезу оптимального керування та принцип оперативної корекції процесу регулювання на основі теорії нечітких множин.

Ключові слова: *дугова сталеплавильна піч, оптимізація, адаптація, корегування, синтез, нечіткий регулятор, критерій.*

Постанова проблеми. Як об'єкти керування, дугові сталеплавильні печі (ДСП) відносяться до класу складних взаємозв'язаних систем. Їх режимам властивий динамічний нестационарний нелінійний пофазно неси-