

УДК 620.179.14

Баширова Э.М., Свободина Н.Н.

**ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ
МЕТАЛЛА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ
ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ**

Оборудование, используемое для переработки нефти, работающее с взрыво-, пожароопасными и токсичными средами при избыточном давлении и высоких температурах, срок эксплуатации которого значительно превышает нормативный, потенциально опасно и увеличивает вероятность возникновения аварийных ситуаций, в связи с чем очень важно определять научно обоснованными методами техническое состояние и возможность безопасной эксплуатации оборудования по истечении нормативного срока службы [7]. Современное определение технической диагностики как отрасли научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы, охватывает методы и средства неразрушающего контроля

Для решения задач диагностики нефтегазового оборудования в настоящее время применяется широкий спектр методов неразрушающего контроля материалов и изделий среди которых электромагнитные методы занимают приоритетное положение.

Перспективным направлением при решении задач диагностики нефтегазового оборудования является использование взаимосвязи электрофизических и механических свойств конструкционных сталей. Механические и электрофизические свойства металлов взаимосвязаны на уровне кристаллической решетки. Деформация кристаллической структуры, зарождение и развитие дефектов сопровождаются изменением механических и электрофизических свойств металлов [4]. Данный механизм взаимодействия целесообразно использовать для определения фактического состояния металла в процессе эксплуатации.

Если рассматривать металл как систему, в общем случае нелинейную, то к нему можно применить известные методы контроля состояния, такие как анализ передаточной функции по входному воздействию и отклику системы. Такой подход позволяет не углубляться в рассмотрение и анализ процессов протекающих в металле при эксплуатации с течением времени, но позволяет описывать текущее состояние системы, которое характеризуется как устойчивое или неустойчивое. Под устойчивым состоянием понимается работоспособное состояние системы, т.е. она описывается допустимыми значениями исследуемых параметров в определенный момент времени. Всякая система [5] должна быть прежде всего работоспособной, т.е. должна нормально функционировать и быть нечувствительной к посторонним возмущениям различного рода. Для выполнения любых практических задач система должна быть устойчивой. Устойчивость – свойство системы возвращаться в исходный или близкий к нему установившийся режим после выхода из него в результате какого-либо воздействия.

Процессы происходящие в системе возможно описать нелинейными дифференциальными уравнениями, которые могут быть решены в отдельных редких случаях. Однако уравнения большого числа систем могут быть линеаризованы. При этом процессы в системах описываются линейными дифференциальными уравнениями вида [6]:

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_0 y(t) = b_m x^{(m)}(t) + \dots + b_0 x(t). \quad (1)$$

Решение дифференциального уравнения (1) связано с вычислительными трудностями, поэтому исследование системы ведется косвенными методами, базирующимися на операционном методе Лапласа и преобразовании Фурье. Для этой цели используются следующие основные характеристики: передаточная функция, переходная и импульсно-переходная функция, комплексный коэффициент передачи и частотная характеристика.

Наиболее широкое применение получило использование передаточной функции, которая определяется из следующего соотношения: применив к уравнению (1) преобразование Лапласа, получим

$$D(p)Y(p) = N(p)X(p) + M_H(p), \quad (2)$$

где

$$D(p) = a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0; \quad (3)$$

$$N(p) = b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0; \quad (4)$$

$Y(p)$ – преобразование Лапласа для выходного сигнала системы; $X(p)$ – преобразование Лапласа для входного сигнала; $M_H(p)$ – многочлен, отображающий начальные условия.

Введем следующие обозначения:

$$W(p) = N(p) / D(p); W_H(p) = M_H(p) / D(p). \quad (5)$$

Тогда выражение (2) примет вид

$$Y(p) = W(p)X(p) + W_H(p). \quad (6)$$

Это уравнение связывает изображение выходного сигнала системы с изображением входного сигнала и начальным состоянием системы. Функция $W(p)$ характеризует динамические свойства системы, она не зависит от управляющего воздействия и полностью определяется параметрами системы a_i и b_i ; эту функцию называют передаточной, а функцию $W_H(p)$ – передаточной функцией относительно начального состояния системы.

При нулевых начальных условиях передаточная функция системы равна отношению изображения по Лапласу выходного сигнала к преобразованию Лапласа входного сигнала. Передаточная функция является дробно рациональной функцией относительно оператора преобразования Лапласа [6]:

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_0}. \quad (7)$$

Для реализации такого подхода входное воздействие на систему должно быть ступенчатое или импульсное.

Импульсное воздействие может быть представлено как совокупность воздействия гармонических составляющих. Для решения задач при импульсном возбуждении преобразователя могут быть применены частотные методы, в основе которых лежит математический аппарат преобразований Фурье и Лапласа.

Важным моментом анализа состояния системы является составление его математической модели.

Разнообразие моделей определяет разнообразный подход к решению и анализу. Если модель достаточно проста и описывается не сложным линейным уравнением, то рационально применять временную область. Но если же уравнение достаточно сложно, то может оказаться, что переход к частотной области упрощает решение на порядок. Для некоторых моделей частотную характеристику можно получить аналитически, но нельзя найти решение во временной области. [8].

Непосредственное преобразование временной области в частотную область возможно в общем случае только для моделей, линейных во временной области. Однако удовлетворительные эмпирические модели могут быть сформулированы непосредственно в частотной области.

Частотную характеристику можно просто получить с помощью передаточной функции, заменив параметр p его мнимой частью $i\omega$. Поскольку $g(p)$ – аналитическая функция, ее поведение вдоль мнимой оси в плоскости p будет определять и общий ее характер во всей комплексной плоскости.

Эмпирические передаточные функции могут быть найдены непосредственно по экспериментальным данным. На основании отклика на импульсный входной сигнал могут быть оценены передаточная функция, отношение амплитуд (коэффициент усиления) и фазовый угол (отставание по фазе, разность фаз).

Передаточная функция системы по какому – либо внешнему воздействию не зависит от закона изменения этого воздействия и определяется только свойствами самой системы [5].

Используя математический аппарат преобразований Лапласа можно анализировать передаточную функцию как связь между входными и выходными сигналами электромагнитного преобразователя в любой момент времени.

В рассматриваемом случае объектом исследования является металл, который характеризуется как нелинейная система. Для упрощения анализа таких систем используется линейное приближение основанное на следующих положениях:

1 Если характеристическое уравнение линеаризованной системы имеет все корни с отрицательными вещественными частями, то действительная система будет устойчива. Отброшенные при линеаризации уравнения члены второй и высших степеней не могут изменить устойчивость системы.

2 Если характеристическое уравнение линеаризованной системы имеет хотя бы один корень с положительной вещественной частью, то действительная система будет неустойчива. Отброшенные при линеаризации члены второй и высших степеней не могут придать системе устойчивость.

3 Если характеристическое уравнение линеаризованной системы имеет хотя бы один нулевой корень или пару мнимых сопряженных корней, то поведение действительной системы не может определяться ее линеаризованным уравнением. В этом случае отброшенные при линеаризации уравнения члены второй и высших степеней могут коренным образом изменить описание процесса реальной системы [1]. Для исследования нелинейной системы предлагается использовать метод фазовых траекторий, суть которого состоит в следующем. Если любая система описывается дифференциальным уравнением n – ого порядка, то ее состояние определяется в каждый момент времени значением регулируемой величины x или любой другой величины и ее $(n - 1)$ производными. Многомерное пространство координат исследуемой величины x и всех ее производных называется фазовым пространством. Точка M в фазовом пространстве с текущими значениями координат, определяющими состояние системы (или фазу), называется изображающей точкой. При любом изменении состояния системы изменяются координаты изображающей точки. Траектория ее движения в фазовом пространстве называется фазовой траекторией. Начальные условия системы определяют начальное положение изображающей точки в фазовом пространстве. Совокупность фазовых траекторий, найденных для различных начальных условий, вместе с особыми точками и особыми траекториями составляет фазовую картину (портрет), характеризующую [1] все возможные состояния исследуемой системы.

Метод фазовых траекторий практически применяется для систем второго и третьего порядка. Для уравнений третьего порядка фазовое пространство – трехмерное геометрическое пространство, при двух координатах получается фазовая плоскость, а при одной переменной – фазовая прямая.

Метод фазовых траекторий отличается геометрической наглядностью и в сочетании с другими методами позволяет получить полное представление о характере [1] возможных изменений в системе.

Использование описанных методов при исследовании, анализе и оценке текущего состояния металла нефтегазового оборудования позволит судить о фактическом состоянии металла без рассмотрения и анализа, протекающих в нем процессов в любой момент времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Анисимов И. В. Основы автоматического управления технологическими процессами нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности – Л.: Химия, 1967.– 408 с.
- 2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.–М.: Высшая школа, 1996. – 638 с.
- 3 Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. – М.: Энергия, 1980. - 312 с.
- 4 Гриб В.В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. – 180 с.
- 5 Каргу Л.И., Литвинов А.П. и др. Основы автоматического регулирования и управления. – М.: “Высшая школа”, 1974. – 439 с.
- 6 Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика. – М.: Высшая школа, 1990. – 335с.
- 7 Технические средства диагностирования: Справочник / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
- 8 Химмельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах. – Л.: Химия, 1983. – 352 с.