

**РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОСНОВНЫХ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА
ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ**

Анализ и синтез систем автоматического управления основан на использовании динамических характеристик. Эти характеристики описывают поведение либо системы управления в целом, либо отдельных ее элементов во время их движения, т. е. в переходных процессах. Для такого сложного объекта как ректификационная колонна К-102 динамические характеристики целесообразно определить опытным путем для сложной системы в целом. Его преимущество состоит в большой достоверности полученных характеристик.

При рассмотрении исследуемой системы, прежде всего, необходимо установить существующие в ней внутренние связи между отдельными входными и выходными величинами. Каждая исследуемая система имеет m входных величин и n выходных величин. Между входными и выходными величинами существуют внутренние динамические связи, вид которых определяется соответствующими динамическими характеристиками.

Обозначим динамическую характеристику связи между i -м входом и j -м выходом передаточной функцией W_{ij} . Тогда динамическая система будет иметь $m \times n$ характеристик. Они образуют характеристическую матрицу:

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1m} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2m} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

описывающую все динамические свойства системы.

В данном случае передаточные функции W_{ij} определяются методами статистической динамики по данным нормальной эксплуатации объекта. При определении динамических характеристик по записям, полученным в процессе нормальной эксплуатации исследуемого объекта методом корреляционных функций, применяется метод моментов. Моменты импульсной характеристики могут быть вычислены по корреляционным функциям.

Для этой цели использовались экспериментальные данные о параметрах процесса ректификации в колонне К-102, полученные путем непрерывных измерений его параметров в течение 12 часов с дискретностью 23 секунды. Общее количество измерений – 2000 по каж-

дому параметру процесса.

Качество целевых продуктов разделения, представляющих основные фракции – головной погон НК–140°С, боковой погон 140–180°С, боковой погон 180–230°С, боковой погон 230–360°С, нижний (кубовый) продукт – мазут, по температурам их кипения в настоящее время в автоматическом режиме не контролируются. Поэтому в качестве косвенных параметров в некоторой мере, отражающих качество данных фракций, можно принять следующие параметры: температуру верха колонны (y_1) (для головного погона) и температуры тарелок, с которых боковые погоны выводятся каждый в свою отпарную колонну (стриппинг-секцию), а именно, температура на 29 тарелке (y_2) – соответствует качеству фракции 140–180°С, температура на 17 тарелке (y_3) – качеству фракции 180–230°С, температура на 6 тарелке (y_4) – качеству фракции 230–360°С, температура низа колонны (y_5) – качеству мазута. Данные параметры для колонны К-102 являются выходными регулируруемыми величинами.

К основным управляющим параметрам колонны можно отнести расход орошения (u_1), расход верхнего циркуляционного орошения (u_2), расход 1 циркуляционного орошения (1ЦО) (u_3), расход второго циркуляционного орошения (2ЦО) (u_4), расход водяного пара в колонну (u_5). Отбензиненная нефть подается из колонны К101, нагретая в П-100, 101 до определенной температуры, подается в исследуемую колонну по двум трансферным линиям. Поэтому расход нефти (x_3) и ее температура (x_2) являются вероятностными величинами и их можно отнести к основным возмущающим воздействиям. Также к данной группе параметров можно отнести уровень среды в колонне К-102 (x_1).

Динамические характеристики по каналам управления ректификационной колонны можно представить в виде передаточных функций первого порядка с запаздыванием следующего вида:

$$W_{ij}(p) = \frac{y_{ij}(p)}{x_{ij}(p)} = \frac{k_{ij}e^{-\tau_{ij}p}}{T_{ij}p+1} \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}), \quad (2)$$

где $y_{ij}(p)$ – преобразованное по Лапласу значение выходной (регулируемой) величины канала управления; $x_{ij}(p)$ – преобразованное по Лапласу значение входной (регулирующей, возмущающей) величины; k_{ij} , τ_{ij} , T_{ij} – соответственно коэффициент передачи, время запаздывания и постоянная времени канала управления по i -ой входной и j -ой выходной переменным.

Согласно применяемому методу моментов зависимость (2) для любого канала может быть представлена в следующем виде:

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1} = H_0 - pH_1, \quad (3)$$

где H_0, H_1 – соответственно нулевой и первый моменты импульсной характеристики.

При этом момент H_0 соответствует коэффициенту передачи для данного канала управления, т.е.

$$k = H_0 \quad (4)$$

Из соотношения (3) определим выражение для постоянной времени T .

$$k = (H_0 - p H_1)(T p + 1) \quad (5)$$

$$k = H_0 T p + H_0 - H_1 T p^2 - p H_1 \quad (6)$$

Так как для передаточной функции первого порядка $H_1 T p^2 = 0$ и $k = H_0$, то из уравнения (6) можно получить

$$T = \frac{H_1}{H_0} \quad (7)$$

Значения H_0, H_1 для каждого канала управления определяются по следующим формулам

$$H_0 = \frac{B_0}{A_0} \quad (8)$$

$$H_1 = \frac{B_1}{A_0}, \quad (9)$$

где A_0 – момент нулевого порядка корреляционной функции; B_0, B_1 – соответственно моменты нулевого и первого порядка взаимокорреляционной функции.

По формулам (8), (9) и (7) были рассчитаны параметры k_{ij}, T_{ij} передаточной функции (3) для всех каналов управления. Таким образом, характеристическая матрица (1) для данного объекта управления имеет вид, приведенный ниже.

По матрице можно определить передаточную функцию по любому каналу управления ($u_i, x_i - y_j$) на пересечении соответствующего i -й строки и j -го столбца матрицы.

$$W_{ij}(p) = \begin{pmatrix} \begin{matrix} y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ \frac{-0.36676}{1.15p+1} & \frac{3.2351}{0.32p+1} & \frac{-2.1917}{1.47p+1} & \frac{-0.49141}{2.23p+1} & \frac{-2.2527}{1.37p+1} \\ \frac{0.011556}{0.69p+1} & \frac{-0.18761}{1.88p+1} & \frac{0.016438}{0.68p+1} & \frac{-0.00045435}{2.04p+1} & \frac{0.026436}{3.24p+1} \\ \frac{0.0019557}{1.86p+1} & \frac{-0.24339}{1.03p+1} & \frac{-0.027777}{1.9p+1} & \frac{-0.030462}{1.64p+1} & \frac{-0.01529}{2.01p+1} \\ \frac{0.010395}{3.74p+1} & \frac{1.9917}{0.67p+1} & \frac{0.10417}{2.31p+1} & \frac{0.16239}{1.05p+1} & \frac{0.10291}{0.8p+1} \\ \frac{-0.1793}{2.46p+1} & \frac{-27.858}{0.54p+1} & \frac{-1.3252}{1.08p+1} & \frac{-2.5496}{0.27p+1} & \frac{-1.7112}{2.24p+1} \\ \frac{0.012014}{2.65p+1} & \frac{-0.68163}{1.19p+1} & \frac{-0.13121}{0.74p+1} & \frac{-0.1104}{1.14p+1} & \frac{-0.082605}{2.55p+1} \\ \frac{0.020679}{1.1p+1} & \frac{9.0532}{0.78p+1} & \frac{1.8705}{2.99p+1} & \frac{1.6276}{1.54p+1} & \frac{1.6168}{2.32p+1} \\ \frac{-0.0088143}{5.29p+1} & \frac{-2.8502}{1.15p+1} & \frac{-0.16893}{1.76p+1} & \frac{-0.24814}{1.82p+1} & \frac{-0.18611}{3.05p+1} \end{matrix} & \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix} \end{matrix} \end{pmatrix}.$$

Для определения степени связности данной многосвязной системы применена матрица Бристоля. Исходная матрица передаточных коэффициентов $G(0)$ для исследуемой системы имеет вид:

$$G(0) = \begin{bmatrix} -0.36676 & 3.2351 & -2.1917 & -0.49141 & -2.2527 \\ 0.011556 & -0.18761 & 0.016438 & -0.00045435 & 0.026436 \\ 0.0019557 & -0.24339 & -0.027777 & -0.030462 & -0.01529 \\ 0.010395 & 1.9917 & 0.10417 & 0.16239 & 0.10291 \\ -0.1793 & -27.858 & -1.3252 & -2.5496 & -1.7112 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Для вычисления матрицы Бристоля матрицу $G(0)$ необходимо привести к нормированному виду, чтобы для всех ее элементов выполнялось условие

$$-1 \leq \lambda_{ij} \leq +1$$

При этом значение -1 или $+1$ должно соответствовать наибольшему коэффициенту передачи по каналам управления для величины u_i .

Матрица нормированных передаточных коэффициентов имеет вид:

$$G(0)_H = \begin{bmatrix} -1 & 0.11613 & -1 & -0.19274 & -1 \\ 0.03151 & -0.0067347 & 0.0075003 & -0.0001782 & 0.011735 \\ 0.0053325 & -0.0087368 & -0.012674 & -0.011948 & -0.0067873 \\ 0.028342 & 0.071494 & 0.047528 & 0.06369 & 0.045685 \\ -0.48887 & -1 & -0.60464 & -1 & -0.7596 \end{bmatrix}.$$

Проведено вычисление матрицы Бристоля, которая имеет вид:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 1 & 0.0036592 & -0.0053325 & -0.0054625 & 0.48887 \\ 0.0036592 & 4.5356e-005 & -6.5529e-005 & -1.274e-005 & -0.011735 \\ -0.0053325 & -6.5529e-005 & 0.00016062 & -0.00056785 & 0.0041039 \\ -0.0054625 & -1.274e-005 & -0.00056785 & 0.0040565 & -0.045685 \\ 0.48887 & -0.011735 & 0.0041039 & -0.045685 & 0.57699 \end{bmatrix}.$$

Анализ матриц $G(0)_H$ и Λ показывает, что довольно затруднительно выделить контуры регулирования (т.е. пары $s u_i - y_j$), так как имеются очень сильные взаимосвязи между переменными. Поэтому для эффективного управления такими объектами необходимо применение систем многосвязного регулирования.

Решение всех вышеприведенных задач по определению статических и динамических характеристик объекта проводилось с использованием специализированного пакета программ Matlab и его приложений.