

торой осуществляется изменением обратного напряжения на варикапе VD1. Это напряжение вырабатывается блоком управления, входящим в состав регулятора частоты. Амплитуда генерируемых колебаний определяется величиной поглощения электрического поля полимерным листом, расположенным между обкладками конденсатора Сд. Она выделяется датчиком поглощения электрического поля, состоящим из детектора на VD2, VD3 и двухкаскадного усилителя на DA1, DA2. Для определения амплитуды поглощения используется малая частотная модуляция задающей частоты генератора. Она осуществляется путем подачи на вход управления частотой дополнительного синусоидального напряжения звуковой частоты 256 Гц. Выходной сигнал, имеющий частоту 256 Гц, подается на входы двух синхронных детекторов, работающих на первой и второй гармонике частоты модуляции (на схеме не показаны). Синхронный детектор первой гармоники обеспечивает автоподстройку высокочастотных колебаний на точку максимального поглощения, детектор второй гармоники служит для определения самой величины поглощения и изменения коэффициентов настройки регулятора частоты.

Управление амплитудой поля осуществляется при помощи источника тока на VT4, на который подается сигнал с датчика ЯМР. Сигнал этого датчика пропорционален концентрации остаточных мономеров в листе полимерного материала.

УДК 681.3:665.6

В.П. Кобринец, доцент; В.В. Лихавицкий, аспирант

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КАНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ И РАЗРАБОТКА ИХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

The analysis of the process of oil rectification as object of handle is given. The main channels of handle are defined. With the help of methods the statistical speakers are obtained transfer functions on main channels of handle and perturbation. The multiconnectivity of parameters of the system with application of a matrix of Bristol is detected. As a management system it is expedient to the data by the object to receive a multicoupling system of handle.

Процесс ректификации нефти в атмосферной колонне К-102 как объект управления является сложным, многомерным со взаимосвязанными управляемыми величинами. Такими управляемыми величинами являются выходные показатели работы колонны – качество получаемых углеводородных фракций, для оценки которых используется температура кипения для каждого продукта.

Основные возмущающие воздействия на процесс связаны с изменением количества и состава подаваемого сырья в колонну и изменением режима теплообмена из-за колебаний температуры исходного сырья, колебаний температур холодных орошений и других факторов.

Управляющие воздействия на процесс реализуются путем изменения расходов орошений по секциям колонны, водяного пара в колонну и других факторов.

Динамические характеристики сложных систем могут быть определены аналитическим путем, на основе рассмотрения процессов, протекающих в исследуемом элементе. Однако этот метод не может быть практически реализован из-за сложности процессов, протекающих на i -й тарелке ректификационной колонны, их большого количества со сложной взаимосвязью между ними.

В этих условиях 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.

Данная 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.

Изменение некоторой выходной величины y_j определяется не только входной величиной x_i , но и другими входными величинами, так как с ними существуют внутренние связи. При любом методе экспериментального исследования динамическая характеристика W_{ij} определяется в результате обработки записей изменения x_i и y_j на протяжении одного и того же отрезка времени.

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.

Атмосферная колонна К-102 является объектом, который характеризуется большим количеством взаимосвязанных параметров, продолжительностью переходных процессов и значительным запаздыванием по отдельным каналам.

Проведение экспериментов с нанесением детерминированных возмущающих воздействий на промышленных ректификационных колоннах затруднено ввиду необходимости приложения значительных возмущений, сложности продолжительной стабилизации процесса и устранения шумовых помех. Поэтому исследование каналов управления и их динамических характеристик проводилось с помощью методов статистической динамики, позволяющих изучить характеристики объекта в условиях его нормальной эксплуатации.

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 каждому параметру процесса.

Качество целевых продуктов разделения, представляющих основные фракции – головной погон НК–140°C, боковой погон 140–180°C, боковой погон 180–230°C, боковой погон 230–360°C, нижний (кубовый) продукт – мазут, по температурам их кипения

в настоящее время в автоматическом режиме не контролируется. 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°C, температура на 17 тарелке (y_3) – качеству фракции 180–230°C, температура на 6 тарелке (y_4) – качеству фракции 230–360°C, температура низа колонны (y_5) – качеству мазута. Данные параметры для колонны К-102 являются выходными регулируемыми величинами.

К основным управляющим параметрам колонны можно отнести расход острого 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 колонне (u_5).

Отбензиненная нефть подается из колонны К-101, 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).

Предварительная обработка экспериментальных данных заключалась в определении средних значений, дисперсий и коэффициентов вариации для всех переменных.

За рассматриваемый интервал времени выходные параметры претерпевают небольшие изменения. При этом наиболее стабильными являются температура верха колонны y_1 (Кв=0,52%) и температура на 5-й тарелке y_4 (Кв=0,3%). Более существенно изменяется температура на 29-й тарелке y_2 (Кв=3,6%).

В этих условиях изменение управляющих параметров более существенно. При этом в наибольшей степени изменяется расход острого орошения u_1 (Кв=10,9%), расход 1ЦО u_3 (Кв=6,4%) и расход водяного пара в колонну u_5 (Кв=5,2%). Это, очевидно, связано со стратегией управления данной колонной.

Из выделенных возмущающих воздействий наиболее значительно изменяется уровень в колонне x_1 (Кв=17,3%).

Все исследуемые переменные процесса можно рассматривать как случайные стационарные эргодические процессы ввиду сравнительно небольшого интервала времени наблюдения (12 часов). Выбор данного интервала времени определяется также тем, что он должен быть больше времени инерционности объекта по всем каналам управления, для получения несмещенных и достоверных оценок статистических характеристик случайных процессов, наиболее важными из которых являются корреляционные и взаимокорреляционные функции. Данные функции содержат необходимую информацию по исследуемым каналам. Кроме того, по времени спада корреляционной функции можно определить инерционные свойства данного объекта по соответствующим переменным, а по времени сдвига корреляционной и взаимокорреляционной функций – время запаздывания по исследуемым каналам управления.

При расчете корреляционных и взаимокорреляционных функций с учетом общего времени наблюдения за процессом (12 часов) и интервалом времени между соседними наблюдениями (23 с) принято общее количество ординат всех случайных процессов $N = 2000$, и интервал сдвига между ординатами $m = 1, 2, \dots, 200$.

Были рассчитаны корреляционные и взаимокорреляционные функции для всех переменных процесса и построены графики. По данным графикам можно оценить инерционные свойства каждой случайной величины по времени спада ее корреляционной функции и дать сравнительный анализ этих свойств для различных величин.

Сравнение графиков корреляционных и взаимокорреляционных функций по отдельным каналам управления позволяет оценить время запаздывания по данным каналам. 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. $k_{ij}, \tau_{ij}, T_{ij}$ – соответственно коэффициент передачи, время запаздывания и постоянная времени канала управления по i -й входной и j -й выходной переменным.

Согласно применяемому методу моментов, зависимость (2) для любого канала может быть представлена с учетом соотношения

$$W(p) = H_0 - H_1 p + H_2 \frac{p^2}{2!} - H_3 \frac{p^3}{3!} + \dots \quad (3)$$

в следующем виде:

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1} = H_0 - p H_1, \quad (4)$$

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. $k = H_0$.

Из соотношения (4) определим выражение для постоянной времени T .

$$k = H_0 T p + H_0 - H_1 T p^2 - p H_1, \quad (5)$$

Так как для передаточной функции первого порядка $H_1 T p^2 = 0$ и $k = H_0$, то из уравнения (5) можно получить

$$T = \frac{H_1}{H_0}. \quad (6)$$

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

$$H_0 = \frac{B_0}{A_0}, \quad H_1 = \frac{B_1}{A_0}, \quad (7)$$

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

По формулам (6) и (7) были рассчитаны параметры передаточной функции (2) k_{ij} , T_{ij} для всех каналов «управление–выход» и «возмущение–выход» и составлена характеристическая матрица вида (1). По матрице можно определить передаточную функцию по любому каналу управления и возмущения $(u_i, x_i - y_j)$ на пересечении, соответствующего i -й строки и j -го столбца матрицы.

Анализ степени связности данной многомерной системы, проведенный с помощью матрицы Бристоля, показал, что имеются весьма сильные связи между исследуемыми переменными.

В этих условиях для более эффективного управления необходимо применение систем многосвязного регулирования данным объектом.

УДК 681.3:665.6

В.В. Лихавицкий, аспирант

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СТАТИКИ ПРОЦЕССА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ

The technique of build-up of a mathematical model of a statics of a string K-102 with allowance for continuity property of composition of divided mixture (reduced crudes) which are switching on a step-by-step principle of development of the given model designed. On the basis of the given technique the mathematical model of a statics of the process of rectification in a string K-102 designed and with usage of the experimental data the identification of its(her) parameters is conducted. The given adequate model of a statics can be utilised for calculation of static conditions of operation of a string, and for prediction of values of its(her) metrics.

Применение математической модели статики процесса ректификации нефти в колонне К-102 в системе управления ею позволит существенно восполнить недостающую информацию о ходе процесса и выработать алгоритм управления, эффективно справляющийся с низкочастотными возмущающими воздействиями, такими, например, как температура, количество и качество перерабатываемой нефти. Кроме того, человек, управляющий процессом, получает возможность имитировать реакцию объекта на изменения управляющих и возмущающих сигналов, что имеет как познавательную, так и практическую ценность, например, при необходимости перехода на качественно новый режим.

В результате процесса ректификации нефти в колонне К-102 получают несколько фракций, качество которых нормируется стандартами предприятий и ГОСТ. Среди нормируемых показателей – опорные температуры кипения фракций, соответствующие фиксированным процентным отборам фракций, например, температура 10%-ного отбора k -фракции T_{10}^k . Обычно фиксируется 3–5 точек кривой $T_0^k, T_{10}^k, T_{50}^k, T_{90}^k, T_{98}^k$. Поэтому данные показатели могут быть приняты в качестве выходных координат колонны как объекта управления.