

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Шахова Н.Д.

научный руководитель д-р техн. наук, проф. Алпатов Ю.Н.

*Братский государственный университет*

Определение оптимального состава и параметров сложной системы относится к задачам структурно-параметрического синтеза систем. Это многоуровневые, многошаговые математические задачи оптимизации.

Для решения задач оптимального структурного синтеза применяются так называемые «универсальные методы», учитывающие только комбинаторный характер формирования вариантов. Это полный перебор, сокращенный перебор, дискретное программирование и последовательные методы, основанные на направленной генерации множества вариантов с целью выбора наилучшего путем последовательного отсеивания неперспективных.

Полный перебор предполагает предварительный синтез всех возможных вариантов, генерация множества которых осуществляется на основе критического анализа имеющихся аналогов. Затем для каждого варианта рассчитываются значения параметров и производится выбор оптимального варианта структуры. Положительной особенностью полного перебора является просмотр всех возможных комбинаций, что обеспечивает высокую надежность принятого оптимального решения.

Матрица структуры полностью и однозначно отражает структуру графа, т.е. между матрицей и графом существует изоморфизм. Используя матрицу структуры, можно определить передаточную функцию графа в соответствии с формулой Мэзона.

Формула Мэзона в общем виде выглядит следующим образом:

$$W(s) = \frac{\sum W(s)_i \cdot (1 - \sum W(s)_i \cdot k_1 + \sum W(s)_i \cdot k_2 - \sum W(s)_i \cdot k_3 + \dots)}{1 - \sum W(s) \cdot k_1 + \sum W(s) \cdot k_2 - \sum W(s) \cdot k_3 + \dots} \quad (1)$$

Рассмотрим построение передаточной функции по формуле Мэзона для единственного прямого пути на примере графа изображенного на рис. 1 и его матрицы инцидентий контуров (2).



Рис. 1. Граф системы управления.

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8^* \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1^{\setminus} \\ 2^{\setminus} \\ 2^{\setminus} \\ 4^* \\ 7^* \\ 6^* \\ 7^* \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Алгоритм определения передаточной функции:

1. Для определения  $W(S)$  осуществляем логическое суммирование всех строк (исключая элементы последнего столбца) и записываем их номера в порядке возрастания:  $W(S) = 1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7$ .
2. Для определения  $\sum W(S) \cdot k_1$  суммируем передачи всех столбцов (исключая элементы последнего столбца и строк, в которых последний элемент равен нулю) и приписываем каждой строке ее номер, совпадающий с номером элемента обратной связи, т.е. получим:  $\sum W(S) \cdot k_1 = 2 \cdot 1^{\setminus} + 4 \cdot 2^{\setminus} + 6 \cdot 3^{\setminus}$ .
3. Для определения  $\sum W(S) \cdot k_2$  первую строку матрицы  $C$  сравниваем со второй. Если они не имеют элементов равных либо отличающихся на единицу (на один столбец), то перемножаем их. Далее первую строку сравниваем с третьей и т.д.

Если существует несколько путей на графе, то алгоритм усложняется, так как матрица  $C$  будет, в таком случае, трехмерной.

После определения в символьной форме  $W(S)_{иск}$ , необходимо вместо каждого номера  $1, 2, \dots, n$  и  $1^{\setminus}, 2^{\setminus}, \dots, m^{\setminus}$ , соответствующего структурной компоненте, подставить значение компоненты (т.е. передаточную функцию звена) с неизвестными параметрами, например, в общем виде:

$$W(S)_{ki} = \frac{k_{4i} \cdot S + k_{2i}}{k_{3i} \cdot S + k_{4i}} \quad (3)$$

В этом звене индекс каждого коэффициента состоит из двух цифр – первая цифра указывает положение коэффициента в звене и степень  $S$ , при которой находится данный коэффициент, вторая цифра указывает номер звена: от  $1, \dots, n$  – элементы прямого пути, от  $n+1$  до  $n+m$  – элементы обратных связей.

После подстановки значений  $W(S)_{ki}$  в формулу передачи  $W(S)_{иск}$  производится перемножение полиномов, сложение, приведение подобных членов. Затем приравниваются коэффициенты при одинаковых степенях  $S$ , входящих в  $W(S)_{иск}$  и

$W(S)$ , формируется система нелинейных уравнений, результатом решения которой являются значения параметров для данной структуры системы. Затем осуществляется переход ко второй структуре и т.д.

Алгоритм определения структуры показан на рис. 2. В структурной схеме блок 1 служит для ввода в ЭВМ матрицы  $C$  и таблиц соответствия между номерами ветвей графа и передаточными функциями звеньев системы. Блоки 2, 3, 5 служат для определения  $3M$  – знаменателя слагаемых в формуле Мэзона. ЭВМ анализируя матрицу  $C$ , суммирует передачи всех контуров системы (исключая вырожденные), потом попарно не касающихся и т.д. Блок 6 служит для определения  $P_K$  – прямой передачи  $K$ -го пути графа. Блоки 7, 8, 9 служат для определения ЧСК – числителя слагаемых формулы Мэзона. Блок 10 служит для определения  $T$  – передаточной функции системы управления, блок 14 – для определения  $W(S)$  системы после подстановки значений передаточных функций звеньев системы.

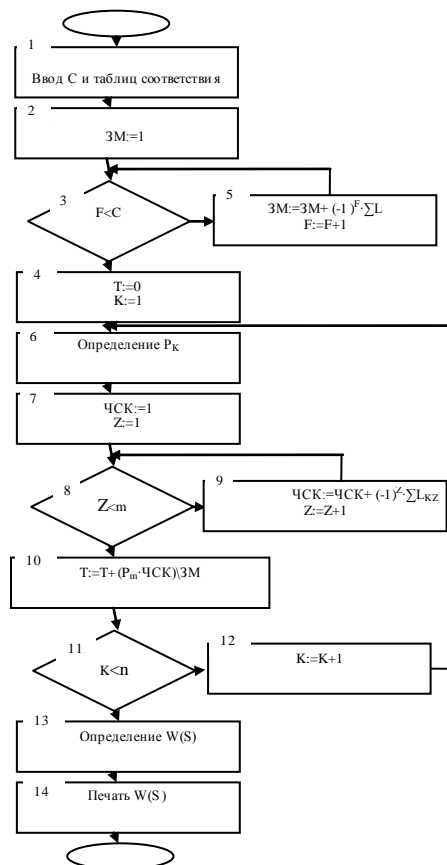


Рис. 2. Блок-схема алгоритма построения передаточной функции системы управления.

Данный алгоритм используется для разработки программного обеспечения синтеза структуры системы с помощью ЭВМ. На его основе разрабатываются интерфейсные приложения для структурного и параметрического синтеза систем управления.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алпатов Ю.Н. Синтез систем управления методом структурных графов. – Иркутск: ИГУ, 1988. - 184с.
2. Вавилов А.А., Имаев Д.Х. Машинные методы расчета систем управления. – Л.: ЛГУ, 1981. – 114с.