

АЛГОРИТМ РАЗЛОЖЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ БОРТОВОГО УСТРОЙСТВА  
С ПОМОЩЬЮ ЭВМ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ

Следствием все расширяющейся тенденции комплексирования и многофункциональности бортовых систем, в частности электротехнического и радиотехнического оборудования, является их усложнение и, как следствие, повышение трудозатрат на стадии производства и при эксплуатации.

Сложность электротехнического оборудования становится одной из основных проблем его расширенного производства. Анализ трудозатрат на стадии производства и эксплуатации позволяет сделать вывод об актуальности работ по снижению трудоемкости процессов монтажа и контроля и требований к квалификации рабочих, занятых на этих операциях, по повышению качества, а следовательно, и надежности изготавливаемых изделий.

Аппаратом, обеспечивающим общность описания различных процессов, может быть аппарат теории графов, широко используемый для описания и анализа потоков информации в системах контроля и управления.

Исходным для общей модели технологического процесса монтажа является представление ее, основанное на структурно-алгоритмическом подходе, в виде системы взаимосвязанных элементов. Если в этой системе элементы монтажа представить как вершины некоторого графа, а связи между элементами как дуги, соединяющие вершины, то можно сформулировать понятие универсального графа технологического процесса (см. ст. Коптева А.Н. в данном сборнике).

Рассмотрим интерпретацию существенных для теории и практики свойств универсального графа технологического процесса.

1. Все пути в графе есть реализация конкретных алгоритмов монтажа и контроля.

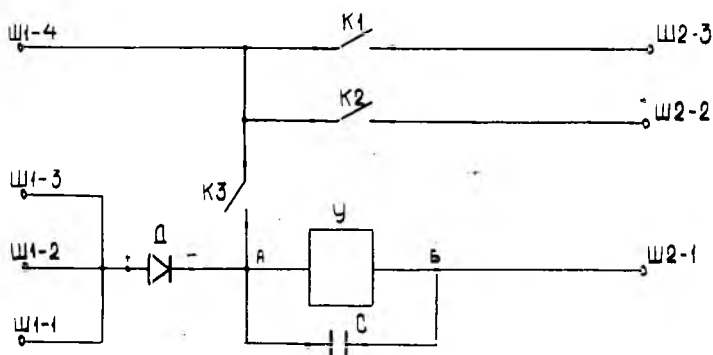
2. Вершины графа можно перестроить в новый граф, являющийся частью универсального графа, что позволит создать системы моделей, отображающих технологический процесс с различной степенью полноты.

3. Под дугой графа будем понимать проводник, соединяющий элементы принципиальной схемы между собой или ключевой элемент принципиальной схемы. Это даст возможность удалять некоторые дуги графа, интерпретирующие ключевые элементы, что позволит уточнить технологический процесс на определенной стадии.

Используя аппарат теории графов, можно задать любые объекты и системы в виде графов. Принципиальная схема монтируемого бортового устройства или изделия, заданная графом  $G(M, P)$ , состоит из совокупности  $M$  монтажных точек  $x, y \dots$  вместе с множеством  $P$  упорядоченных пар  $(x, y)$  проводников.

Принципиальная схема, приведенная на рис. 1, с помощью аппарата теории графов преобразуется в универсальный граф технологического процесса  $G(M, P)$ , показанный на рис. 2.

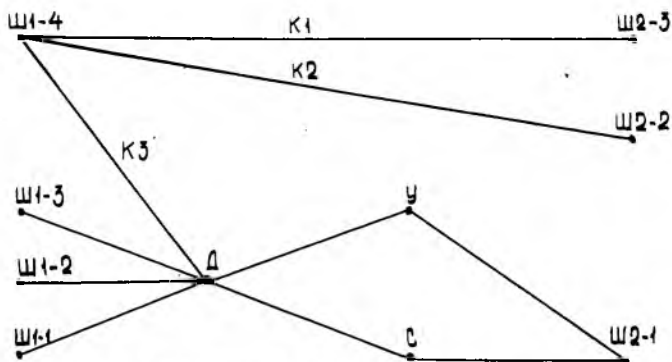
Направление движения тока для выбора цепей контроля и, тем более монтажа, безразлично; а следовательно, безразлично и направление дуг в универсальном графе. Поэтому универсальный граф технологического процесса не направленный.



Р и с. 1. Фрагмент принципиальной схемы электрооборудования

Вершины графа, эквивалентные в принципиальной схеме точкам контроля (разъемные клеммы), назовем внешними; а вершины графа, интерпретирующие элементы принципиальной схемы - внутренними.

Поскольку процессы монтажа и контроля электрооборудования должны быть совмещены, то, в конечном счете, требуется построить  $n$  элементарных цепей [1] контроля монтажа электрооборудования, удовлетворяющих условию:



Р и с. 2. Универсальный граф технологического процесса

1)  $G = g_1 \cup g_2 \cup \dots \cup g_n$ , где  $g_i$  -  $i$ -ая элементарная цепь контроля монтажа, состоящая из  $m$  монтажных точек и множества  $p$  упорядоченных пар проводников.

Элементарные цепи контроля монтажа  $g_i$  могут пересекаться, т.е. иметь общие вершины  $m^{j-1}$ ,  $m^j$ , ... . Однако эти вершины должны располагаться последовательно друг за другом.

2)  $(m_i^{j-1}, m_i^j, m_i^{j+1}) \in g_i$  и  $(m_{i+1}^{j-1}, m_{i+1}^j, m_{i+1}^{j+1}) \in g_{i+1}$ ,  
а не  $(m_i^{j-1}, m_i^j, m_i^{j+1}) \in g_i$  и  $(m_{i+1}^{j-1}, m_{i+1}^j) \in g_{i+1}$ ,

иначе будут образовываться параллельные цепи, проконтролировать которые невозможно, поскольку их аналоги - электрические цепи - шунтируют одна другую.

Рассмотрим получение множества подмножеств элементарных цепей, т.е. получим составляющие графа  $G(M, P)$  (принципиальной схемы)  $g_i$ .

Если  $x_1 \in M$ , то  $Q(x_1)$  обозначает множество всех узлов монтажа  $x_2 \in M$ , для которых  $(x_1, x_2) \in P$ :

$$Q(x_1) = \{x_2 \in M / (x_1, x_2) \in P\}.$$

Аналогично  $Q(x_2)$  означает множество всех узлов монтажа  $x_3 \in M$ , для которых  $(x_2, x_3) \in P$ :

$$Q(x_2) = \{x_3 \in M / (x_2, x_3) \in P\} \text{ и т.д.}$$

Таким образом, можно построить дерево, начальной и конечными вершинами которого [I] будут являться внешние вершины исходного графа.

Построим дерево с начальной вершиной ШI-4 универсального графа технологического процесса. Для этого прежде всего получим ряд множеств Q :

$$Q(\text{ШI-4}) = \{ \text{Ш2-3}, \text{Д}, \text{Ш2-2} \},$$

$$Q(\text{Ш2-3}), Q(\text{Ш2-2}) - \text{пустые множества},$$

$$Q(\text{Д}) = \{ \text{ШI-3}, \text{ШI-2}, \text{ШI-1}, \text{У}, \text{С} \},$$

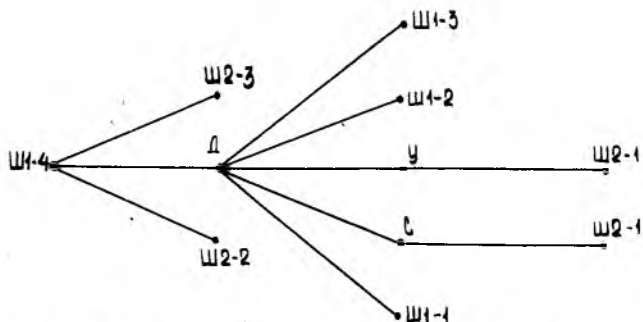
$$Q(\text{ШI-3}), Q(\text{ШI-2}), Q(\text{ШI-1}) - \text{пустые множества},$$

$$Q(\text{У}) = \{ \text{Ш2-1} \},$$

$$Q(\text{С}) = \{ \text{Ш2-1} \},$$

$$Q(\text{Ш2-1}) - \text{пустое множество}.$$

Теперь можно провести построение дерева с начальной вершиной ШI-4 (рис. 3).



Р и с. 3. Дерево с начальной вершиной ШI-4

Поскольку все цепи дерева - элементарные [2], то остается выбрать только те из них, которые удовлетворяют условию 2. Эти цепи и будут являться цепями контроля и монтажа электрооборудования.

Однако остается неясным насколько полон набор монтажных вершин, в выбранных элементарных цепях относительно универсального графа.

Если множество начальной и конечных вершин построенного дерева не удовлетворяет равенству

3)  $K = \cup K_i$  , где  $K_i$  -  $i$ -ая начальная или одна из конечных вершин построенного дерева;

$K$  - множество внешних вершин универсального графа,

то следует строить новое дерево, за начальную вершину которого выбирается следующая внешняя вершина универсального графа.

Если условие 3 выполняется, то необходимо проверить условия полноты контролируемых элементов:

4)  $M = \cup m_j$  , где  $m_j$  -  $j$ -ая вершина выбранной элементарной цепи;

$M$  - множество вершин универсального графа.

Если это условие не выполняется, то воспользовавшись третьим свойством универсального графа, мы получим уточненный универсальный граф технологического процесса.

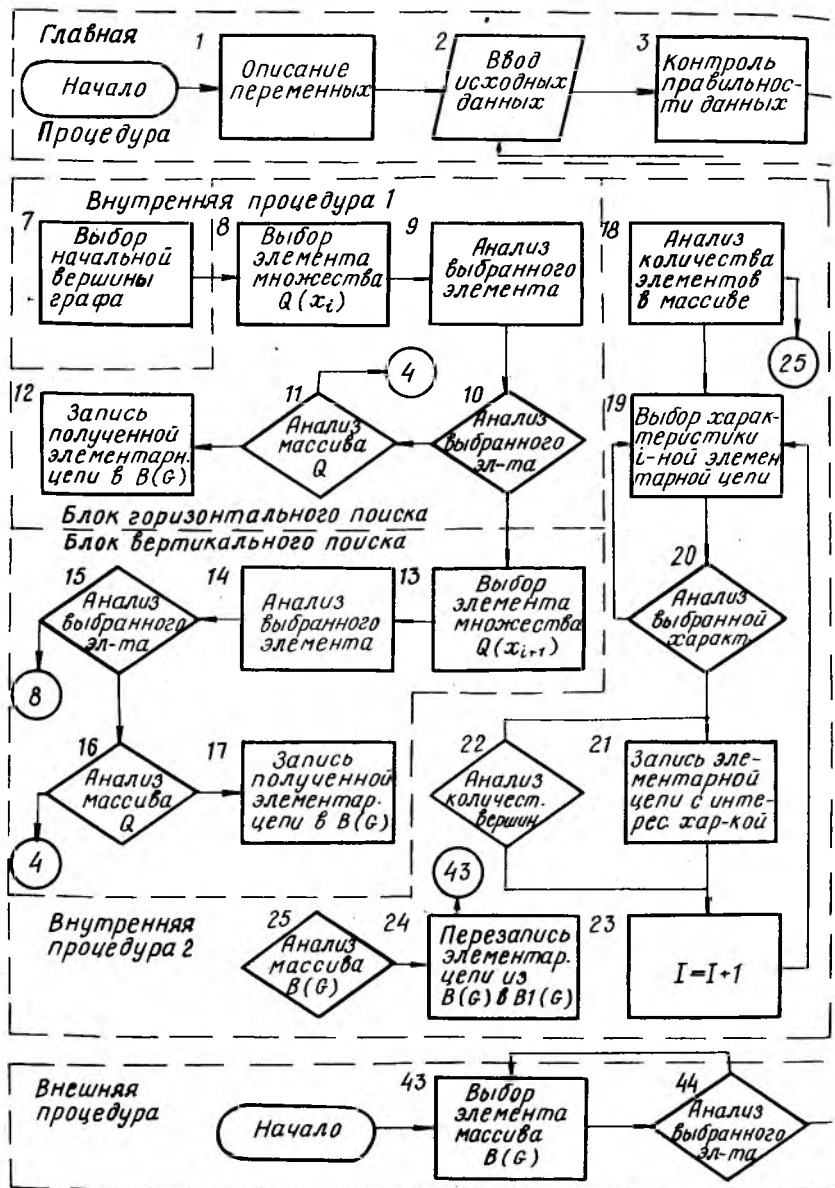
Уточненный универсальный граф анализируется по приведенному выше алгоритму.

Разработанный алгоритм разложения принципиальной схемы бортового устройства ЭВМ в настоящее время реализован на базе алгоритмического языка PL-1.

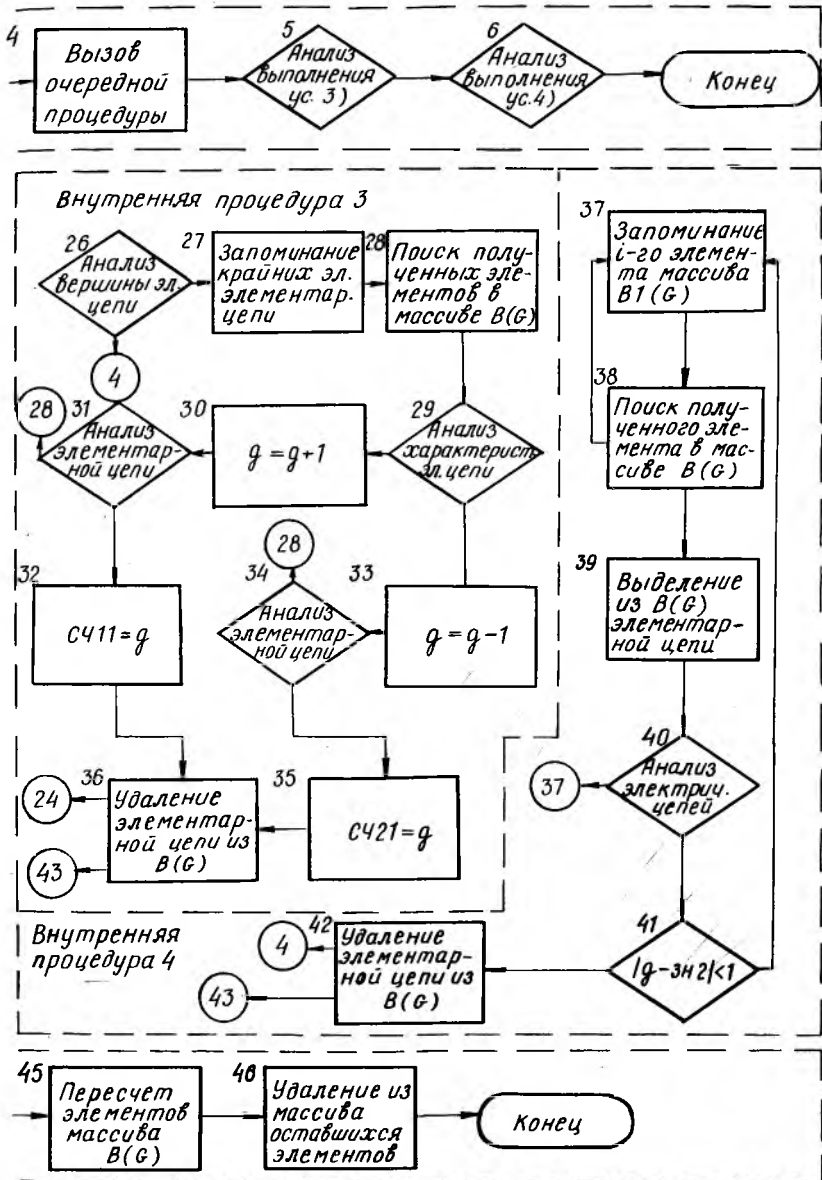
Программа состоит из шести процедур - двух внешних и четырех внутренних (рис. 4).

Главная процедура - процедура, с помощью которой осуществляется ввод исходных данных, контроль правильности вводимых данных (с целью увеличения достоверности), организуется связь между всеми внутренними процедурами, печать результатов просчета, производится анализ выполнения условий 3 и 4.

Внутренняя процедура I - процедура построения графа дерева, т.е. получения множества элементарных цепей. Эта процедура работает с матрицей смежности универсального графа [2]. Алгоритм построен таким образом, что сначала производится построение одной элементарной цепи. Поиск вершин элементарной цепи ведется по строке (блок горизонтального поиска) и по столбцу (блок вертикального поиска) матрицы смежности. Построение последующих элементарных цепей ведется от конца исходной.



Р и с.4. Блок-схема алгоритма разложения



принципиальной схемы бортового устройства

Внутренняя процедура 2 - процедура, с помощью которой осуществляется выбор из совокупности элементарных цепей такой, в которую входит наибольшее количество ключевых элементов.

Внутренняя процедура 3 и внутренняя процедура 4 - эти процедуры предназначены для проведения сравнительного анализа выбранной элементарной цепи с остальными. Если в совокупности элементарных цепей встречаются такие, что удовлетворяют выполнению условия 2, то они удаляются из этой совокупности, а следовательно, и из дальнейшего рассмотрения.

Внешняя процедура - вспомогательная подпрограмма скатия рабочего массива. Эта подпрограмма используется внутренними процедурами 2, 3, 4.

В результате работы программы получаем множество элементарных цепей, каждая из которых удовлетворяет условию 2, а, в совокупности, все они удовлетворяют условиям 3 и 4.

В настоящее время ведется работа по расширению круга задач, решаемых при разложении принципиальной схемы бортового устройства с помощью ЭВМ.

#### Л и т е р а т у р а

1. О р е О. Теория графов. М., "Наука", 1968.
2. Х а р а р и Ф. Теория графов. М., "Мир", 1976.