

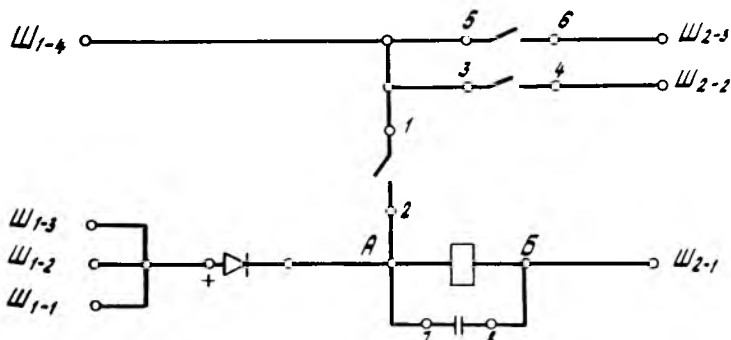
### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ САМОЛЕТОВ

Современный этап перестройки промышленного производства на базе создания автоматизированных систем управления характеризуется интенсивным изучением математических моделей.

В этой связи следует указать на совершенно незначительное количество работ по формализации процессов управления технологией производства электроустановок в условиях авиационного завода. Следует также отметить сложность технологического процесса с большим преобладанием ручных операций, значительным количеством подготовочно-доводочных работ, доработок, ограниченным фронтом работ и требованием высокой квалификации исполнителей. В связи с этим научные методы, позволяющие стабилизировать производительность и качество, приобретают решающее значение.

Настоящая работа посвящена развитию таких методов - методов формализации процессов монтажа.

Понимая под монтажом синтез - процесс (операцию) и результат получения устойчивой метаструктуры из конечного числа подструктур технологического графа монтажа, опишем формально процесс монтажа устройства (узла) на примере принципиальной схемы участка цепи (рис. I).



Р и с. I. Принципиальная схема участка цепи

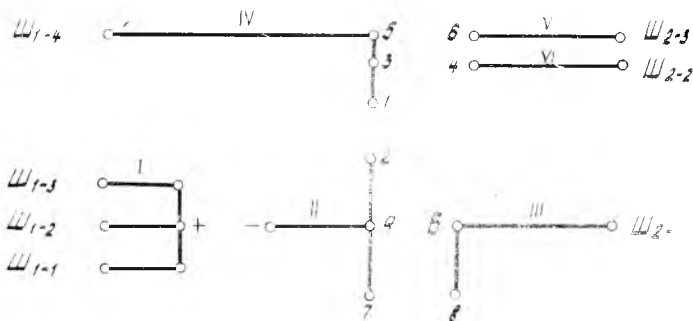
Запишем матрицу  $\Sigma^{(0)}$  - основы монтажа, в которой строки есть номера соединяемых подструктур и дополнительно строка входов в устройство (узел); столбцы - номера соединяемых подструктур и дополнительно столбец выходов из устройства (узла).

Следовательно, матрица  $\Sigma^{(0)}$  имеет порядок  $N + 1$ :

$$\Sigma^{(0)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} I & II & III & IV & V & VI & \text{вых} \end{matrix} \\ \begin{matrix} I \\ II \\ III \\ IV \\ V \\ VI \\ \text{вх} \end{matrix} & \left[ \begin{array}{cccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array} \right], \end{matrix}$$

где  $N$  - количество соединяемых подструктур.

В соответствии с порядком выполнения монтажа (рис. 2) на пе-



Р и с. 2. Структура монтируемых узлов

ресеции строк и столбцов матрицы проставляются матрицы монтируемых подструктур без входов (вх) и выходов (вых), которые записываются в следующей форме:

$$M_I = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Ш}_{1-1} & \text{Ш}_{1-2} & \text{Ш}_{1-3} & + \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Ш}_{1-1} \\ \text{Ш}_{1-2} \\ \text{Ш}_{1-3} \\ + \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccc} & & 1 \\ & & 1 \\ & & 1 \end{array} \right], \end{matrix} \quad M_{II} = \begin{matrix} & \begin{matrix} - & 2 & 7 & A \end{matrix} \\ \begin{matrix} - \\ 2 \\ 7 \\ A \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccc} & & 1 \\ & & 1 \\ & & 1 \end{array} \right], \end{matrix}$$

$$M_{\underline{III}} = \begin{matrix} 5 & 8 & \omega_{2-1} \\ 1 & 1 & \\ 8 & & \\ \omega_{2-1} & & \end{matrix}, \quad M_{\underline{IV}} = \begin{matrix} \omega_{1-4} & \omega_{1-4} & 5 & 3 & 1 \\ & & 1 & 1 & \\ .5 & & & & \\ 3 & & & & \\ 1 & & & & \end{matrix}$$

$$M_{\underline{V}} = \begin{matrix} 6 & \omega_{2-3} \\ & 1 \\ \omega_{2-3} & & \end{matrix}, \quad M_{\underline{VI}} = \begin{matrix} 4 & \omega_{2-2} \\ & 1 \\ \omega_{2-2} & & \end{matrix}$$

и матрицы переходов, учитывающие парные соединения. В развернутой форме они будут иметь следующий вид (для нашего примера):

$$P_{\delta x I} = \delta x \begin{matrix} \omega_{1-1} & \omega_{1-2} & \omega_{1-3} \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}; \quad P_{\delta x \underline{IV}} = \delta x \begin{matrix} \omega_{1-4} \\ 1 \end{matrix};$$

$$P_{x, \underline{II}} = \begin{matrix} -A & 2 & 7 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ + & 1(\tau) & 0 & 0 & 0 \end{matrix}; \quad P_{\underline{II}, \underline{IV}} = \begin{matrix} 8 & 5 & \omega_{2-2} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ A & 0 & 1(\rho) & 0 \\ 7 & 1(\sigma) & 0 & 0 \end{matrix};$$

$$P_{\underline{IV}, \underline{II}} = \begin{matrix} -A & 2 & 7 \\ \omega_{1-4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1(\rho) & 0 \end{matrix}; \quad P_{\underline{IV}, \underline{IV}} = \begin{matrix} 6 & \omega_{1-3} \\ \omega_{1-4} & 0 & 0 \\ 5 & 1(\rho) & 0 \\ 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix};$$

$$P_{\underline{IV}, \underline{V}} = \begin{matrix} 4 & \omega_{2-2} \\ \omega_{1-4} & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 \\ 3 & 1(\rho) & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}; \quad P_{\underline{IV} \delta_{\delta x}} = \delta x \begin{matrix} \omega_{2-1} \\ 1 \end{matrix}$$

$$P_{\underline{V} \delta_{\delta x}} = \delta x \begin{matrix} \omega_{2-3} \\ 1 \end{matrix}$$

$$P_{\underline{VI} \delta_{\delta x}} = \delta x \begin{matrix} \omega_{2-2} \\ 1 \end{matrix}.$$

Запишем матрицу монтажа в соответствии с [2] в свернутой форме:

$$\begin{array}{c}
 \text{I} \quad \text{II} \quad \text{III} \quad \text{IV} \quad \text{V} \quad \text{VI} \quad \text{вх} \\
 \begin{array}{l}
 \text{I} \\
 \text{II} \\
 \text{III} \\
 \text{IV} \\
 \text{V} \\
 \text{VI} \\
 \text{вх}
 \end{array}
 \left[ \begin{array}{cccccc}
 MI & P_{I, II} & & & & \\
 & M_{II} & P_{II, III} & & & \\
 & & M_{III} & & & P_{III, \text{вх}} \\
 & P_{IV, II} & & M_{IV} & P_{IV, V} & P_{IV, VI} \\
 & & & & M_V & P_{V, \text{вх}} \\
 & & & & & M_{VI} & P_{VI, \text{вх}} \\
 P_{\text{вх}, I} & & & P_{\text{вх}, IV} & & & 
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

В явной форме матрица может быть получена заменой подматриц в свернутой форме на подматрицы, представленные в полной форме.

Тогда получим:

Суммируя одноименные строки и столбцы, перейдем от матрицы  $\sum^*$  к матрице  $\sum$ , которая является матрицей выполненного монтажа.

В нашем примере  $\sum^* = \sum$ .

Используя символическую форму записи, уравнение монтажа можно записать:

$$\sum = \left( \sum_{i=1}^n M_i f_i \right) A P,$$

где  $\sum$  - матрица монтажа  $n$  подструктур;

$i=1, 2, \dots, n$  - номера монтируемых подструктур;

$M_i$  - матрицы подструктур;

$f_i$  - условия монтажа;

$P$  - матрица переходов, представляющая собой матрицу смежности графа Кенига [1], построенного для выхода и входа соединяемых структур;

$A$  - операция обобщения - получение мультиграфов, при этом вершины объединяются, а частоты дуг суммируются алгебраически.

	I			II			III			IV			V			VI		
	$w_{1-1}$	$w_{1-2}$	$w_{1-3}$	A	2	7	6	8	$w_{2-1}$	$w_{1-4}$	6	3	1	6	$w_{2-1}$	4	$w_{2-2}$	
I																		
			+															
			-															
II			A															
			2															
			7															
III			6															
			8															
	$w_{2-1}$	$w_{1-4}$	5															
IV			3															
			1															
			6															
V		$w_{2-3}$	6															
		4																
VI		$w_{2-2}$																
		$\delta x$																

86ix

Таким образом, метод формализации монтажа электротехнического оборудования самолетов сводится к выполнению операций по построению матриц:

- 1) монтажа, полученной из принципиальной схемы путем выделения множества монтажных точек по алгоритму, предложенному в [2];
- 2) монтируемых подструктур, на базе полученного множества монтажных точек;
- 3) переходов, учитывающих парные соединения монтируемых подструктур;
- 4) монтажа в свернутой форме;
- 5) монтажа в явной форме.

Предложенный метод формализации монтажа электротехнического оборудования позволяет алгоритмизировать процесс построения технологии монтажа и эффективно использовать его при проектировании оптимальных технологических процессов с помощью ЭВМ.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ильинский Н.Ф. и др. Приложение теории графов к задаче в электромеханике. Т. 1, "Энергия", 1968.
2. Колтаев А.Н., Рудкович П.С. Принципы построения систем диагностического управления качеством монтажа электротехнического оборудования. "Авиационная промышленность", 1978, № 7.