

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

к.т.н. Г.И. Лагутин, В.А. Климчук
(представил д.т.н., проф. Б.Ф. Самойленко)

Рассмотрен алгоритм синтеза структуры измерительного комплекса для измерения параметров электромагнитных помех, разработанный на основе сетевых методов решения оптимизационных задач.

В [1, 2] показано, что задача нахождения оптимальной структуры измерительного комплекса для определения параметров электромагнитных помех может быть сведена к задаче поиска кратчайшего пути между двумя вершинами сети.

Ниже приводится описание алгоритма решения этой задачи, представляющего собой алгоритм Минти для поиска кратчайшего пути в сети, модифицированный для условий задачи.

Структурная схема алгоритма приведена на рис. 1.

Исходными данными для решения задачи оптимального синтеза структуры измерительного комплекса (блок 1) являются:

- граф функционально-избыточной структуры $G_2 = (I_a, X_a)$;
- перечень и технические характеристики основных потребителей информации о параметрах электромагнитных помех (ЭМП);
- функции стоимости дуг графа функционально - избыточной структуры $G_2 = (I_a, X_a)$.

Опишем действие алгоритма по шагам.

ШАГ 00. Рассматривается очередной k - й сток ($D_1 \leq \dots \leq D_{N_{гр}}$; ($k = \overline{1, N_{гр}}$) на графе функционально - избыточной структуры $G_2 = (I_a, X_a)$;

- ищутся дуги U_{jk} , входящие в данную вершину ($U_{jk} \in U^{[D_k]}$; $U^{[D_k]}$ - множество дуг, заходящих в сток D_k) на графе функционально - избыточной структуры;
- вычисляются показатели стоимости соответствующих дуг

$$C_{jk}^{[0]} = K_{jk}(D_k),$$

где $K_{jk}(D_k)$ - функция стоимости дуги U_{jk} ;

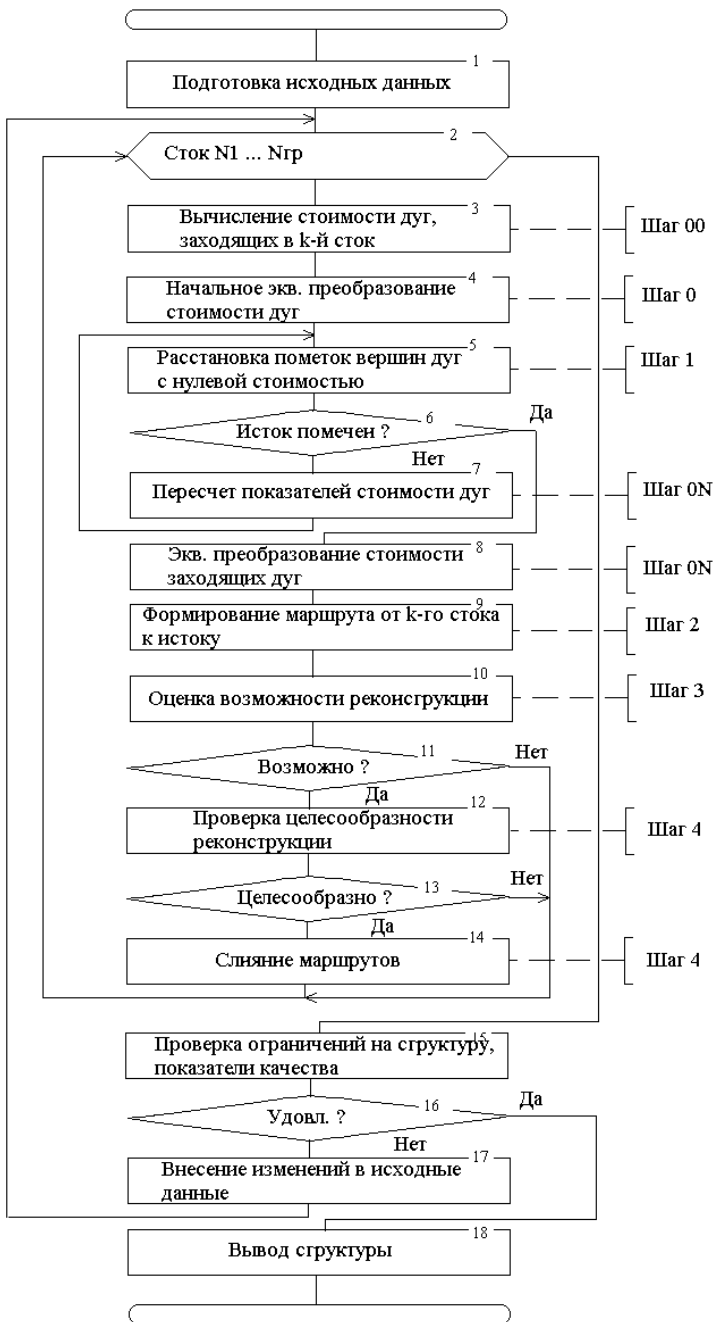


Рис. 1. Схема алгоритма синтеза структуры измерительного комплекса

- осуществляется эквивалентное преобразование показателей стоимости $C_{jk}^{[0]}$ путем их уменьшения на $\min \{C_{jk}^{[0]}\}$, ($U_{jk} \in U^{[D_k]}$);
- полученные новые показатели стоимости $C_{jk}^{[1]}$ ставятся в соответствие дугам U_{jk} ;
- выполняется переход к шагу 1.

ШАГ 1. Производится расстановка пометок вершин дуг U_{ij} , ($i \neq k$) с нулевой стоимостью. Пометка соответствующей вершины состоит из чисел N_i , Θ_i , где N_i - номера стоков, с которыми помечаемая вершина имеет связь нулевой стоимости; Θ_i - значение потока, который может быть доставлен от помечаемой вершины i по связям нулевой стоимости к k -му стоку;

- процесс расстановки пометок заканчивается либо при пометке истока, либо при невозможности дальнейших пометок ($C_{ij}^{[k]} \neq 0$). В первом случае осуществляется переход к шагу 2, а во втором - к шагу $0N$, где N - номер итерационного цикла пометок вершин формируемой структуры.

ШАГ $0N$. Осуществляется поиск дуг U_{ij} , заходящих в множество A , помеченных на предыдущем итерационном этапе вершин ($U_{ij} \in U_A$);

- определяются показатели стоимости дуг ($U_{ij} \in U_A$);

$$C_{ij}^{[N]} = K_{ij}(S_{ij}^{[N]}).$$

- осуществляется эквивалентное преобразование показателей стоимости $C_{ij}^{[N]}$ дуг U_{ij} , заходящих в множество A , помеченных на предыдущем итерационном этапе вершин ($U_{ij} \in U_A$). Преобразование заключается в уменьшении показателей стоимости указанных дуг на величину $\min C_{ij}^{[k]}$. Полученные новые значения показателей стоимости $C_{ij}^{[N]}$ ставятся в соответствие дугам U_{ij} ;
- выполняется переход к шагу 1.

ШАГ 2. Пометка истока означает, что от него может быть доставлено $\Theta_n^{[k]}$ единиц потока распределяемого продукта. Сформирован маршрут \hat{A}_{nk} минимальной стоимости (оптимальное дерево) от истока до k -го стока. Выполняется переход к шагу 3.

ШАГ 3. Оценивается возможность улучшения найденных решений путем «реконструкции» сформированных маршрутов \hat{A}_{nk} , $k=1 \dots N_{гр}$.

- проверяется наличие общих внутренних вершин i в сформированных маршрутах \hat{A}_{ik} , $k=1 \dots N_{гр}$;

- если общих внутренних вершин нет, т.е.

$$\hat{A}_{ik} \cap \hat{A}_{in} = 0, \quad k=1 \dots N_{гр}, \quad n=1 \dots k-1,$$

то сформированные маршруты \hat{A}_{ik} , $k=1 \dots N_{гр}$ не могут быть улучшены;

- при наличии общих внутренних вершин первая из них (в порядке следования в процессе пометок) принимается за внутренний сток с пометкой

$$N_i^{[nk]} = N_i^{[n]} + N_i^{[k]}; \quad \Theta_i^{[nk]} = K_n^{[nk]} (\Theta_i^{[n]} + \Theta_i^{[k]}),$$

где n, k - индексы потребителей;

i - индекс рассматриваемой общей вершины;

$\Theta_i^{[nk]}$ - значение суммарного потока информации S , который может быть доставлен от вершины i по связям нулевой стоимости к потребителям k, n ;

$K_n^{[nk]}$ - коэффициент нестационарности, учитывающий нестационарность объединяемых потоков D_n, D_k ;

- выполняется переход к шагу 00 и осуществляется формирование дерева минимальной стоимости $\hat{A}_{ni}^{[nk]}$ от точки слияния i до источника ЭМП «и»;

- осуществляется переход к шагу 4.

ШАГ 4. Проверяется целесообразность реконструкции ранее полученных решений.

Если:

$$K(\hat{A}_{ni}^{[nk]}) < K(\hat{A}_{ni}^{[n]}) + K(\hat{A}_{ni}^{[k]}),$$

то формируется новый маршрут

$$\hat{A}^{[nk]} = \hat{A}_{in}^{[n]} \cup \hat{A}_{ik}^{[k]} \cup \hat{A}_{ni}^{[nk]},$$

где $\hat{A}_{in}^{[n]}$ - фрагмент маршрута минимальной стоимости от стока n до точки слияния i при передаче потока S_n ;

$\hat{A}_{ik}^{[k]}$ - фрагмент маршрута минимальной стоимости от стока k до точки слияния i при передаче потока S_k ;

$\hat{A}_{ni}^{[nk]}$ - фрагмент маршрута минимальной стоимости от точки слияния i до истока при передаче суммарного потока $S_{nk} = K_n^{[nk]}(S_n + S_k)$;

- пометки, выполненные при формировании последнего маршрута, стираются;

- в противном случае маршруты \hat{A}_{nn} и \hat{A}_{nk} остаются отдельными и осуществляется переход к шагу 00 с рассмотрением очередного стока $k + 1$.

Итерационный процесс формирования оптимальной структуры заканчивается при рассмотрении всех потребителей конечного продукта ($k=1 \dots N_{rp}$) и формировании от них маршрутов минимальной стоимости к истокам.

В результате решения экстремальной задачи топологического синтеза формируется функционально-необходимая структура проектируемого измерительного комплекса и перечень средств измерений, входящих в этот комплекс. В блоках 15 – 17 осуществляется проверка выполнения накладываемых ограничений на структуру комплекса, показатели качества измерения параметров ЭМП и т.п.

Таким образом, на основании предложенного метода топологического синтеза структуры измерительного комплекса для измерения параметров ЭМП [2] разработан алгоритм, позволяющий при практически приемлемом объеме вычислительных операций осуществить выбор из установленного многообразия возможных решений такого варианта, который удовлетворяет принятым условиям оптимальности по экономическому показателю K_3 , обеспечивает достижение заданного уровня функциональной эффективности при измерении напряжения и напряженности поля помех при соблюдении накладываемых ограничений \bar{K}_{knpN} на показатели качества измерения этих параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климчук В.А. Выбор показателей эффективности комплекса для измерения параметров электромагнитных помех // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 1999. – Вип. 2 (6). – С. 88 - 92.
2. Климчук В.А. Математическая модель структуры измерительного комплекса // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип.1(7). – С. 25 - 29.

Поступила в редколлегию 5.10.2000