С.К. Гурский, Е.В. Шур

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕАЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ МЕТОДОМ ВЫДЕЛЕНИЯ ПУТЕЙ

В настоящее время для расчетов количественных показателей надежности сложных систем электроснабжения все более широкое распространение получают аналитические методы, основанные на логико-вероятностном подходе, составной частью которого является структурно-логический анализ сети.

Пусть А — событие, представляющее собой бесперебойное электроснабжение заданного узла. Очевидно, что исправное состояние путей от некоторого источника питания к заданному узлу в схеме сети выразится произведением случайных событий $a, b, \ldots, f$ ($a, b, \ldots, f$ — исправное состояние звеньев, образующих данный путь), а бесперебойное питание узла — суммой случайных событий, означающих исправное состояние всех путей от всех источников питания в схеме.

Таким образом, событие А представится функцией алгебры случайных событий, имеющей вид

$$A = abc + cdef + abc + acf + bde. \qquad (1)$$

Если каждому такому случайному событию поставить в соответствие характеристическую функцию, принимающую логическое значение 1, когда происходит данное событие, и 0, когда оно не происходит, то очевидно, что функция алгебры событий (1) переходит в соответствующую функцию алгебры логики, которую обычно называют переключательной функцией сети по отношению к заданному расчетному узлу [1].

Покажем, что подлежащее рассмотрению количество путей от узлов-источников к заданному потребительскому узлу значительно меньше, чем общее число всех существующих в схеме путей от источников к этому узлу.

Используя алгебру случайных событий, можно убедиться в следующем: если в сумме (1) имеются слагаемые вида X и $Z = XY$, где X, Y, Z — произведение переменных $a, b, c, \ldots$, то

$$X + Z = X. \qquad (2)$$

Поэтому слагаемые Z в правой части (1) можно отбросить. Интерпретируя X и Z как исправные состояния путей, получаем из (2), что при составлении суммы (1) не должны учитываться следующие виды путей, которые в дальнейшем будем называть поглощаемыми: 1) пути, содержащие замкнутые контуры; 2) пути от источников к заданному узлу, содержащие в качестве промежуточных вершин другие источники.

Таким образом, переключательная функция сети будет состоять из числа слагаемых, значительно меньшего, чем число всех возможных путей от узлов-источников к расчетному узлу в схеме.

Ниже приводится описание предлагаемого алгоритма построения путей, который можно назвать методом поярусных преобразований списков.

На первом этапе алгоритма каждому i -му узлу схемы должен соответствовать список присоединенных к нему узлов S_i. Соответствующий оператор алгоритма поочередно просматривает все строки матрицы соединений M схемы. Этот оператор находит значащие цифры в строке матрицы M, соответствующей очередному узлу i, и определяет номера строк, в которых эти столбцы содержат вторые значащие цифры. Тем самым составляется список узлов S_i, присоединенных к узлу i. При этом, очевидно, достаточно рассматривать матрицу M для ненаправленного графа.

На втором этапе алгоритма производится формирование списков Q_i вершин, образующих непоглощаемые пути от источников питания к данному узлу схемы. При этом предполагается, что все источники питания объединены некоторой фиктивной связью, что, как будет видно из дальнейшего, не может привести к неправильным результатам. Пути строятся все одновременно поярусно, начиная от питающих узлов, образующих верхний с нулевым номером ярус вершин, входящих в пути, и кончая заданным потребительским узлом, попадающим на тот или иной ярус. Номер яруса соответствует числу звеньев, отделяющих вершину пути, расположенную на данном ярусе, от питающего узла.

При формировании очередного $\nu+1$-го яруса просматривается предыдущий ν -й ярус. При этом для его очередной вершины μ_ν используются списки S_{μ_ν} и Q_{μ_ν}. Если некоторый узел $a \in Q_{\mu_\nu}$ и $a \in S_{\mu_\nu}$, то он исключается из списка S_{μ_ν}. В результате такого преобразования список S_{μ_ν} будет содержать вершины $\gamma_{\nu+1}$, которые должны быть переданы в массив вершины $\nu+1$-го яруса. Одновременно для каждой такой вершины формируется список $Q_{\gamma_{\nu+1}}$ посредством при-

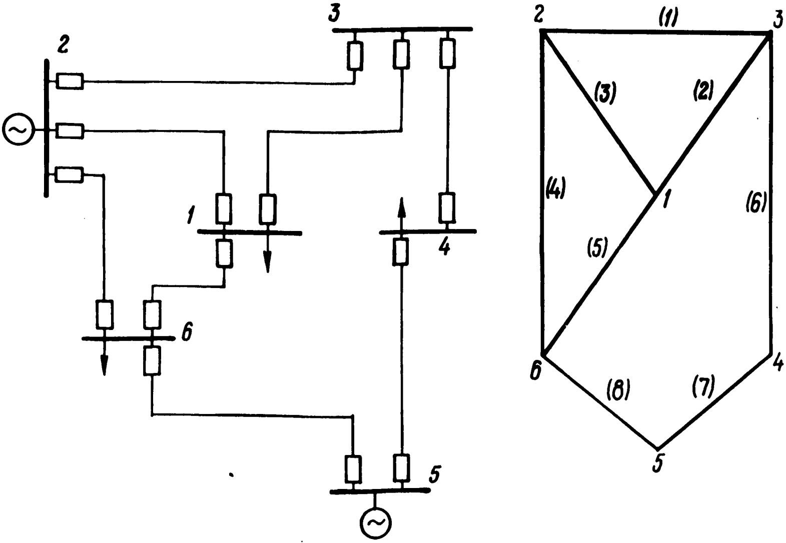

Рис.1. Схема и граф сети.

писывания к концу списка Q_{μ_ν} порядкового номера вершины μ_ν.

Если при просмотре ν-го яруса очередная вершина μ_ν окажется конечной, т.е. заданным потребительским узлом, то она пропускается. Если все вершины ν-го яруса оказываются конечными, процесс построения дерева путей заканчивается.

Началом этого процесса служит засылка в массив вершин нулевого яруса номеров питающих узлов. При этом в соответствии с допущением о наличии фиктивной связи между источниками список Q_{α_0} для каждой вершины α_0 нулевого яруса образуется из номеров остальных питающих узлов, исключая α_0.

После окончания формирования дерева путей каждый путь образуется в виде списка вершин, через которые он проходит. Для этого просматривается список $Q\omega_\nu$ очередной конечной вершины каждого ν-го яруса, начиная с первого, и из него исключаются все номера источников питания, расположенные подряд в начале списка, за исключением последнего из них по расположению в списке. Кроме того, к списку Q_{ω_ν} приписывается в конце номер конечной вершины.

Приложение. Пример построения переключательной функции посредством выделения путей методом поярусных преобразований списков.

1. Заданная схема и соответствующий ей граф (рис. 1). Выделение путей производится для нагрузочного узла 4, узлы-источники 2 и 5.

2. Матрица соединений:

$$M=\begin{bmatrix}01101000\\10110000\\11000100\\00000110\\00000011\\00011001\end{bmatrix}$$

3. Списки присоединенных узлов S_i (табл. 1).

Таблица 1.

Номера узлов, i	S_i
1	$\{2,3,6\}$
2	$\{1,3,6\}$
3	$\{1,2,4\}$
4	$\{3,5\}$
5	$\{4,6\}$
6	$\{1,2,5\}$

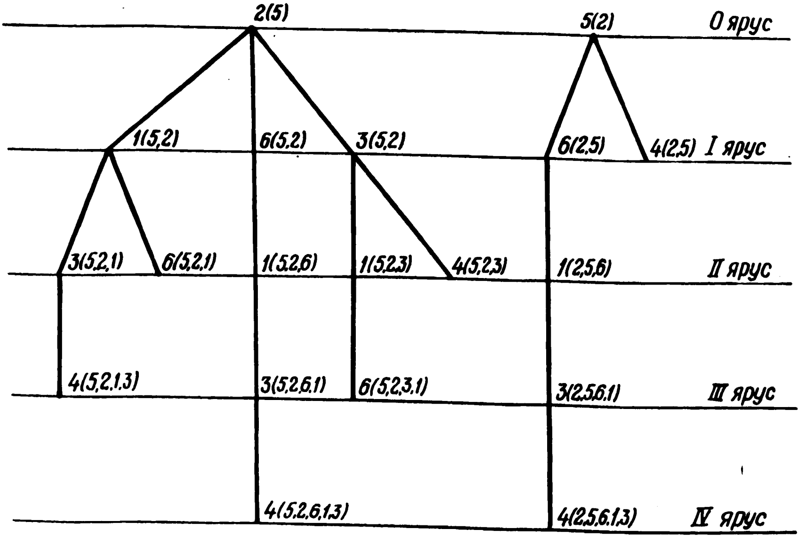

Рис. 2. Построение графа путей, связывающих заданный узел с узлами-источниками.

4. Поярусное преобразование списков (табл. 2).

Таблица 2.

Номер яруса, ν	Номер вершины ν-го яруса	Списки S_{μ_ν} вершин ν-го яруса	Списки Q_{μ_ν} вершин ν-го яруса	Пути	
				вершины	ветви
0	2	{1,3,6}	(5)	–	–
	5	{4,6}	(2)	–	–
I	1	{3,6}	(5,2)	–	–
	6	{1}	(5,2)	–	–
	3	{1,4}	(5,2)	–	–
	4	–	(2,5)	5,4	(7)
	6	{1}	(2,5)	–	–
II	3	{4}	(5,2,1)	–	–
	6	–	(5,2,1)	–	–
	1	{3}	(5,2,6)	–	–
	1	{6}	(5,2,3)	–	–
	4	–	(5,2,3)	2,3,4	(1),(6)
	1	{3}	(2,5,6)	–	–
III	4	–	5,2,1,3	2,1,3,4	(3),(2),(6)
	3	{4}	5,2,6,1	–	–
	6	–	5,2,3,1	–	–
	3	{4}	2.5.6.1	–	–
IУ	4	–	5,2,6,1,3	2,6,1,3,4	(4),(5),(2),(6)
	4	–	2,5,6,1,3	5,6,1,3,4	(8),(5),(2),(6)

Как следует из табл. 2 и рис. 2:

$$x = a_{(3)} a_{(2)} a_{(6)} + a_{(4)} a_{(5)} a_{(2)} a_{(6)} + a_{(1)} a_{(6)} + a_{(8)} a_{(5)} a_{(2)} a_{(6)} + a_{(7)}, \qquad (3)$$

где x_j, $j = 1, \ldots, 8$ — случайное событие, означающее работоспособное состояние ветви i.

Литература

1. Сешу С., Рид М.Б. Линейные графы и электрические цепи. М., 1971.