Доклады Академии Наук СССР
1948. Том LIX, № 9

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

М. А. ГАВРИЛОВ

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СХЕМ КЛАССА Н

(Представлено академиком А. Н. Колмогоровым 30 I 1948)

Для релейно-контактных схем, в которых отдельные элементы соединены друг с другом последовательно или параллельно (схемы класса П), существует математический аппарат (аппарат алгебры логики), позволяющий записывать их и производить равносильные преобразования аналитическим путем ([1-3]). Для релейно-контактных схем, в которых имеются элементы, соединенные по мостиковой схеме (схемы класса Н), аналитические методы записи их и преобразования неизвестны. Очевидно, что в любой схеме класса Н могут быть выделены отдельные части, соединенные друг с другом в двух или нескольких точках, которые сами по себе будут представлять схемы класса П и поэтому могут быть записаны аналитически при помощи символики алгебры логики.

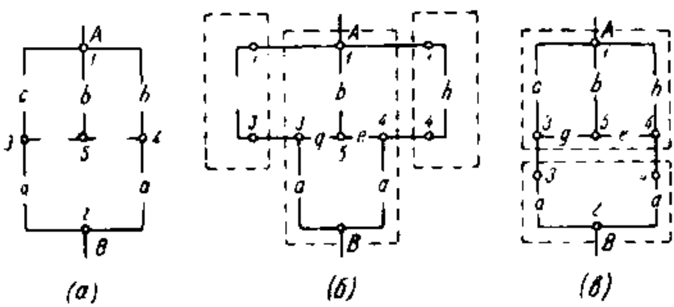

Рис. 1

Пусть имеется схема, изображенная на рис. **1,а.** Она может быть представлена в виде соединенных друг с другом контактных многополюсников, как изображено на рис. 1,*б* и 1,*в*. При этом входная (A) и выходная (B) точки схемы могут оказаться или в одном и том же многополюснике (рис. 1,*б*), или в различных многополюсниках (рис. 1,*в*). Будем говорить, что в первом случае многополюсники соединены параллельно друг с другом. Обозначим это соединение символом $\#$. Во втором случае будет иметь место последовательное многополюсное соединение, которое мы будем обозначать символом $\vdots|\vdots$.

Для достижения однозначности в структурные формулы схемы нужно ввести символическую запись точек, в которых многополюсники соединяются друг с другом. Будем обозначать эти точки буквой t с соответствующим индексом. По своему существу символ соединительной точки будет представлять в структурной формуле элемент, соответствующий постоянно замкнутой цепи.

При применении указанной выше символики любая схема класса Н может быть записана в виде аналитической функции, полностью и однозначно определяющей ее структуру. Например, схема рис. 1,a может быть записана следующим образом.

При применении символики параллельного многополюсного соединения (рис. 1,$б$):

$$E = t_1 b\,(g t_3 a + h t_4 d)\, t_2 \mathbin{\#} t_1 c t_3 \mathbin{\#} t_1 h t_4.$$

При применении символики последовательного многополюсного соединения (рис. 1,$в$):

$$F = t_1 (b + c t_3 g + h t_4 e)\, t_5 \mathbin{:\!|\!:} (t_3 a + t_4 d) t_2.$$

Для производства операций по преобразованию схем класса H при указанной выше символике нужно установить, какие равносильности имеют место при применении символов многополюсного параллельного

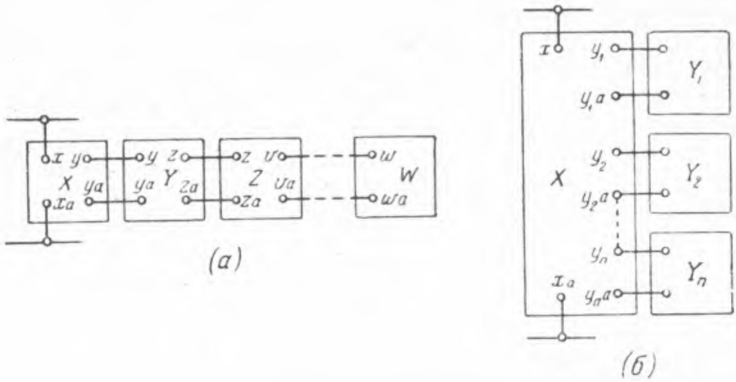

Рис. 2

и последовательного соединений. Это можно сделать, если найти отображения символов многополюсного параллельного и последовательного соединений на символику алгебры логики и использовать соотношения, имеющиеся в последней.

Все многообразие возможных параллельных многополюсных соединений может быть сведено к двум типам их, представленным на рис. 2,a и $б$. Рассмотрим сперва наиболее простой случай, относящийся к обоим этим типам, а именно случай, когда имеются только два соединенных друг с другом многополюсника $M[x, x_a, y, y_a]$ и $M[y, y_a]$ (рис. 2). Обозначим для краткости первый через X и второй через Y. Выделим в общей схеме, содержащей оба рассматриваемых многополюсника, цепи, проходящие через двухполюсник Y:

$$F = X \mathbin{\#} Y = X + f\,[y]_{\underline{y}} Y,$$

где в соответствии с символикой, принятой для различным образом замкнутых и разомкнутых схем ([4]), обозначается: $f\,[y]$ — цепи, проходящие в многополюснике X через точки y и y_a, и $f\,[y]_{\underline{y}}$ — те же цепи, но с коротко замкнутыми точками y и y_a. В соответствии с распределительным законом сложения относительно умножения получим:

$$X \mathbin{\#} Y = (X + f\,[y]_{\underline{y}})(X + Y).$$

Так как ([4]) $X + f[y]_{\underline{y}} = X_{\underline{y}}$ и $X_{\underline{y}} X = X$, то

$$X \mathbin{\#} Y = X_{\underline{y}} (X + Y) = X + X_{\underline{y}} Y. \tag{1}$$

Рассмотрим случай параллельного соединения с основным многополюсником X нескольких вторичных многополюсников. Приравнивая в случае трех многополюсников X, Y и Z, соединенных друг с другом параллельно по цепочечной схеме (рис. 2,*а*), последние два некоторому многополюснику W и используя равносильность (1), получим:

$$X \# Y \# Z = X \# W = X + X_{\underline{y}} W.$$

Так как многополюсник W равносилен в свою очередь $W = Y \# Z = Y + Y_{\underline{z}} Z$, то

$$X \# Y \# Z = X + X_{\underline{y}} Y + X_{\underline{y}} Y_{\underline{z}} Z. \tag{2}$$

Аналогично можно получить:

$$X \# Y \# Z = X_{\underline{y}} (X + Y_{\underline{z}})(X + Y_{\underline{z}} + Z). \tag{2a}$$

Полагая, что равносильности (2) и (2а) справедливы для $n-1$ соединенных по цепочечной схеме многополюсников, таким же путем

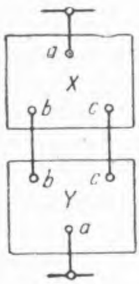

Рис. 3

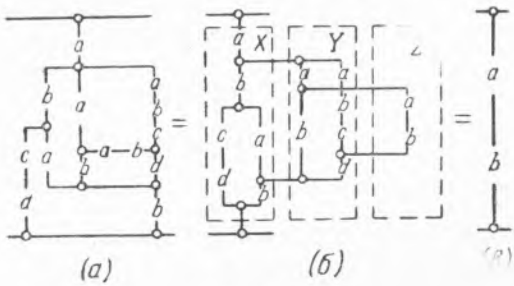

Рис. 4

можно доказать справедливость их и для n-многополюсников. Для этого общего случая:

$$X \# Y \# Z \# \ldots \# W = X + X_{\underline{y}} Y + X_{\underline{y}} Y_{\underline{z}} Z + \ldots + X_{\underline{y}} Y_{\underline{z}} Z_{\underline{v}} \ldots W =$$
$$= X_{\underline{y}} (X + Y_{\underline{z}})(X + Y + Z_{\underline{v}}) \ldots (X + Y + Z + \ldots + W). \tag{3}$$

Таким же образом можно получить аналогичные равносильности и для параллельного соединения многополюсников по схеме рис. 2,*б*:

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X + X_{\underline{y}_1} Y_1 + X_{\underline{y}_2} Y_2 + \ldots + X_{\underline{y}_n} Y_n +$$
$$+ X_{\underline{y}_1, \underline{y}_2} Y_1 Y_2 + X_{\underline{y}_1, \underline{y}_3} Y_1 Y_3 + \ldots + X_{\underline{y}_1, \underline{y}_2, \ldots, \underline{y}_n} Y_1 Y_2 \ldots Y_n =$$
$$= X_{\underline{y}_1, \underline{y}_2, \ldots, \underline{y}_n} (X_{\underline{y}_2, \ldots, \underline{y}_n} + Y_1)(X_{\underline{y}_1, \ldots, \underline{y}_n} + Y_2) \ldots (X_{\underline{y}_1, \underline{y}_2, \ldots} + Y_n) \times$$
$$\times (X_{\underline{y}_3, \ldots, \underline{y}_n} + Y_1 + Y_2)(X_{\underline{y}_2, \ldots, \underline{y}_n} + Y_1 + Y_3) \ldots (X + Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_n). \tag{4}$$

При последовательном соединении многополюсников, например для случая соединения двух многополюсников, будем иметь (рис. 3):

$$X \mathbin{\vdots|\vdots} Y = X_{ab} [Y_{bd} + (X_{bc} + Y_{bc}) Y_{cd}] + X_{ac} [Y_{cd} + (X_{bc} + Y_{bc}) Y_{bd}], \tag{5}$$

где X_{ab} — цепи, проходящие в многополюснике X между точками a и b; Y_{bc} — цепи, проходящие в многополюснике Y между точками b и c, и т. д.

Выражения (3), (4) и (5) позволяют получить ряд равносильностей, при помощи которых можно производить преобразования схем класса Н, не прибегая к промежуточному приведению их к схемам класса П. Например, если в схеме рис. 2,*a* $Y = Z = \ldots = W = X$, то соотношение (3) примет вид:

$$X \# Y \# Z \# \ldots \# W = X + X_{\underline{y}} X + X_{\underline{y}} Y_{\underline{z}} X + \ldots + X_{\underline{y}} Y_{\underline{z}} Z_{\underline{v}} \ldots X.$$

Однако, как известно из алгебры логики, $a + ab + abc + \ldots = a$. Поэтому

$$X \# X \# X \# \ldots \# X = X. \tag{6}$$

Например, схему, изображенную на рис. 4,*a*, можно представить как цепочку соединенных друг с другом четырехполюсников X, Y и Z (рис. 4,*б*). Так как $X = ab(cd + ab) = ab$; $Y = ab + abcd = ab$; $Z = ab$, т. е. $X = Y = Z$, то $X \# Y \# Z = Z = ab$.

Поэтому схема рис. 4, *a* равносильна по своему действию схеме рис. 4, *в*. Отметим, что, как это можно видеть из (6), в рассмотренном случае безразлично, в каких точках отдельные многополюсники соединены друг с другом.

Некоторые другие характерные равносильности для параллельного и последовательного многополюсных соединений приведены ниже.

$$X \# Y \# Z \# \ldots \# W_{\underline{y}} = X_{\underline{y}}, \text{ если } X = Y = Z = \ldots = W; \tag{7}$$

$$X \# Y \# Z \# \ldots \# \overline{W} = X_{\underline{w}}, \text{ если } X = Y = Z = \ldots = W; \tag{8}$$

$$X \# Y \# Z \# \ldots \# \overline{W}_{\underline{y}} = X, \text{ если } X = Y = Z = \ldots = W; \tag{9}$$

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X \# Y_2 \# \ldots \# Y_n, \text{ если } Y_1 = X; \tag{10}$$

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X, \text{ если } Y_1 = Y_2 = \ldots = Y_n = X; \tag{11}$$

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X_{\underline{y_1}} \# Y_2 \# \ldots \# Y_n, \text{ если } Y_1 = \overline{X}; \tag{12}$$

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X \# Y_2 \# \ldots \# Y_n + X_{\underline{y_1}}, \text{ если } Y_1 = X_{\underline{y_1}}; \tag{13}$$

$$X \# Y_1 \# Y_2 \# \ldots \# Y_n = X_{\underline{y_1}}, \text{ если } Y_1 = Y = \ldots = Y_n = X_{\underline{y_1}}; \tag{14}$$

$$X \vdots|\vdots\, Y = X, \text{ если } X_{ab} = Y_{bd} \text{ и } X_{ac} = Y_{cd}; \tag{15}$$

$$X \vdots|\vdots\, Y = XY, \text{ если } X_{bc} = \overline{Y}_{bc}; \tag{16}$$

и т. д.

Символика параллельного и последовательного многополюсных соединений дает по сравнению с символикой алгебры логики довольно ограниченные возможности. Достаточно указать, что она не обладает ни свойствами коммутативности, ни свойствами ассоциативности. По своему существу она выполняет только роль связующего звена между соотношениями, имеющими место в схемах класса Н, и соотношениями алгебры логики. Однако весьма существенно то, что применение ее дает возможность записывать аналитически схемы класса Н и производить некоторые, хотя и ограниченные преобразования их. Легко также при применении этой символики в записанной аналитически схеме выделять любые содержащиеся в ней цепи, что является существенным при производстве анализа схем.

Поступило
12 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. И. Шестаков, Автоматика и телемеханика, **2**, 15 (1941). [2] М. А. Гаврилов, Диссертация, Ин-т автоматики и телемеханики АН СССР, 1946. [3] М. А. Гаврилов, Электричество, **2**, 54 (1946). [4] М. А. Гаврилов, Автоматика и телемеханика, **2**, 89 (1947).