Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 2

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В. И. ШАНГИН

ЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕЛЕЙНЫЕ СХЕМЫ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ В НИХ

(Представлена академиком В. С. Кулебакиным 9 IV 1955)

1. В настоящей статье описывается класс многотактных релейных схем, которые будут называться циклическими. Исследуется систематика этого класса схем и даются аналитические соотношения, упрощающие анализ и синтез определенной группы этих схем. Рассмотрение ведется на основании теории релейных схем (1).

2. Назовем **периодом** работы многотактной схемы последовательность тактов, за время которой схема приходит в свое исходное состояние. Многотактная схема будет называться **простой циклической**, если в каждый период ее работы все исполнительные элементы схемы изменили свое состояние ровно два раза. Многотактная схема будет называться **сложной циклической**, если она состоит из нескольких взаимосвязанных простых циклических схем *. За один период работы сложной циклической схемы простые циклические схемы, входящие в ее состав, могут совершить один или несколько периодов работы.

Если в простой циклической схеме условия работы всех исполнительных элементов являются однотипными функциями **, то такую схему назовем **простой циклической однотипной схемой**. При отсутствии этих условий простую циклическую схему будем называть **простой циклической разнотипной схемой**.

Сложная циклическая однотипная схема состоит из нескольких взаимосвязанных простых циклических однотипных схем. Сложная циклическая разиотипная схема состоит из нескольких взаимосвязанных простых циклических схем, среди которых хотя бы одна является простой циклической разнотипной схемой.

3. В простых циклических однотипных схемах может быть предусмотрена одна либо несколько последовательностей действия исполнительных элементов в зависимости от той или иной комбинации воздействия на приемные элементы.

Рассмотрим простые циклические однотипные схемы, в которых имеется только одна последовательность. Обозначим элементы схемы индексами в порядке их включения, а если они включаются одновременно, то в порядке их отключения ***. Тогда получим следующие основные виды простых циклических однотипных схем: 1) включение элементов схем в порядке их индексов, а отключение одновременное; 2) включение элементов схемы одновременное, а отключение в порядке их индексов; 3) включение элементов схемы в порядке их индексов, а отключение

* Циклическую схему в этом смысле не следует смешивать с циклическим релейным набором в смысле В. А. Розенберга (2).

** В смысле статьи (3).

*** Одновременное включение и одновременное отключение элементов не рассматривается, так как в этом случае многотактная схема вырождается в однотактную.

в обратном порядке индексов; 4) включение и отклонение элементов схемы в порядке их индексов.

4. Примерами простых циклических однотипных схем являются схемы разделителей импульсов, релейные переключатели, различные виды счетных схем и др. Перечисленные схемы имеют широкое практическое применение в самых различных системах автоматики и телемеханики и в большинстве случаев являются в них наиболее ответственными схемами. Многие автономные системы в смысле В. И. Шестакова ([4]) представляют собой циклические схемы.

5. Для простых циклических однотипных схем с одной последовательностью включений справедливы следующие теоремы.

Теорема 1. *Если схема с исполнительными элементами* $X_1, X_2, \ldots, X_n$ *принадлежит к виду* 1), 2) *или* 3), *то для любого* i:

$$x_i \cdot f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n) = x_i \cdot f(1, 1, \ldots, 1, 1, x_{i+1}, \ldots, x_n); \quad (1)$$

$$\bar{x}_i + f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n) = \bar{x}_i + f(1, 1, \ldots, 1, 1, x_{i+1}, \ldots, x_n); \quad (2)$$

$$\bar{x}_i \cdot f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n) = \bar{x}_i \cdot f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, 0, 0, \ldots, 0); \quad (3)$$

$$x_i + f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n) = x_i + f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, 0, 0, \ldots, 0), \quad (4)$$

где f *— любая структурная формула с исполнительными элементами* $X_1, X_2, \ldots, X_n$.

Равенства (1) *и* (2) *означают, что если контакт* x_i *включен последовательно со схемой* f *или контакт* $\bar{x}_i$ *включен параллельно схеме* f, *то в схеме* f *можно закоротить все контакты* $x_1, x_2, \ldots, x_i$ *и разомкнуть все контакты* $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$.

Равенства (3) *и* (4) *означают, что если контакт* $\bar{x}_i$ *включен последовательно со схемой* f *или контакт* x_i *параллельно ей, то в схеме* f *можно разомкнуть все контакты* $x_i, x_{i+1}, \ldots, x_n$ *и закоротить все контакты* $\bar{x}_i, \bar{x}_{i+1}, \ldots, \bar{x}_n$.

Если схема с исполнительными элементами $X_1, X_2, \ldots, X_n$ принадлежит к виду 4), то в такой схеме отключение элементов в порядке индексов может происходить различными способами. Наиболее широко применяются схемы, в которых: а) отключение предыдущего элемента происходит после включения последующего; б) поочередное отключение элементов происходит после включения последнего элемента схемы.

Теорема 2. *Если схема с исполнительными элементами* $X_1, X_2, \ldots, X_n$ *принадлежит к виду* 4) *и если в ней отключение предыдущего элемента происходит после включения последующего, то для любого* i:

$$x_i f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-2}, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, \ldots, x_n) = \\ = x_i \cdot f(0, 0, \ldots, 0, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, 0, \ldots, 0); \quad (5)$$

$$\bar{x}_i + f(x_1, x_2, \ldots, x_{i-2}, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, \ldots, x_n) = \\ = \bar{x}_i + f(0, 0, \ldots, 0, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, 0, \ldots, 0). \quad (6)$$

Равенства (5) *и* (6) *показывают, что если контакт* x_i *включен последовательно со схемой* f *или контакт* $\bar{x}_i$ *включен параллельно схеме* f, *то в схеме* f *следует: контакты* x_i *закоротить, а контакты* $\bar{x}_i$ *разомкнуть; контакты* $x_1, x_2, \ldots, x_{i-2}, x_{i+2}, \ldots, x_n$ *разомкнуть, а контакты* $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_{i-2}, \bar{x}_{i+2}, \ldots, \bar{x}_n$ *закоротить.*

Если схема с исполнительными элементами $X_1, X_2, \ldots, X_n$ принадлежит к виду 4) и если в ней поочередное отключение элементов происходит после включения последнего элемента схемы, то в такой схеме имеют место следующие равносильности (при $i<k<m<n$):

$$x_i \cdot \bar{x}_k \cdot x_m = 0; \tag{7}$$

$$\bar{x}_i + x_k + \bar{x}_m = 1; \tag{7'}$$

$$\bar{x}_i \cdot x_k \cdot \bar{x}_m = 0; \tag{8}$$

$$x_i + \bar{x}_k + x_m = 1; \tag{8'}$$

$$x_1 \cdot x_2 \cdots x_n = x_1 \cdot x_n; \tag{9}$$

$$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \ldots + \bar{x}_n = \bar{x}_1 + \bar{x}_n; \tag{9'}$$

$$x_1 + x_2 + \ldots + x_n = x_1 + x_n; \tag{10}$$

$$\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdots \bar{x}_n = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_n; \tag{10'}$$

$$x_1 \cdot x_2 \cdots x_{i-1} \cdot \bar{x}_i \cdot \bar{x}_{i+1} \cdots \bar{x}_n = x_{i-1} \cdot \bar{x}_i; \tag{11}$$

$$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \ldots + \bar{x}_{i-1} + x_i + x_{i+1} + \ldots + x_n = \bar{x}_{i-1} + x_i; \tag{11'}$$

$$\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdots \bar{x}_{i-1} \cdot x_i \cdot x_{i+1} \cdots x_n = \bar{x}_{i-1} \cdot x_i; \tag{12}$$

$$x_1 + x_2 + \ldots + x_{i-1} + \bar{x}_i + \bar{x}_{i+1} + \ldots + \bar{x}_n = x_{i-1} + \bar{x}_i. \tag{12'}$$

Приведенные аналитические соотношения (1)—(12) могут найти применение при анализе простых циклических схем. Следует отметить, что эти равносильности применимы не только к самостоятельным простым циклическим схемам, но и к простым циклическим схемам, составляющим часть каких-либо многоконтактных (в целом не обязательно циклических) схем. В частности, равносильности могут быть использованы при синтезе и анализе внешних цепей простых циклических схем. Заметим также, что равносильности (1)—(12) представляют собой один из способов учета неиспользуемых состояний в смысле статьи ([5]).

6. В заключение автор выражает благодарность проф. М. А. Гаврилову и Г. Н. Поварову за ценные советы.

Институт автоматики и телемеханики
Академии наук СССР

Поступило
8 IV 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] М. А. Гаврилов, Теория релейно-контактных схем, М.—Л., 1950. [2] В. А. Розенберг, Автоматика и телемеханика, № 1, 37 (1939). [3] D. Slepian, Canad. J. Math., **5**, № 22, 185 (1953). [4] В. И. Шестаков, Автоматика и телемеханика, **15**, № 2, 107 (1954). [5] В. Н. Рогинский, Автоматика и телемеханика, **15**, № 3, 206 (1954).