

А. Н. Юрасов

Теория построения релейных схем

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
А11

А11 **А. Н. Юрасов**
Теория построения релейных схем / А. Н. Юрасов – М.: Книга по Требованию,
2012. – 120 с.

ISBN 978-5-458-28409-7

ISBN 978-5-458-28409-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

Релейные схемы являются электрическими схемами, в которых при изменении входного параметра (напряжения, тока) выходной параметр изменяется скачком.

Наиболее распространенными и типичными релейными схемами являются схемы, состоящие из *контактных электромагнитных элементов* (реле). Теория релейных схем разработана особенно полно и стройно применительно именно к таким схемам. Поэтому большая часть материала настоящей книги посвящается схемам с контактными элементами, и в данном параграфе приводятся основные определения и термины, относящиеся преимущественно к таким схемам. Некоторые специфические определения и термины, характерные для схем с бесконтактными элементами, приводятся в § 16.

Элементы, входящие в релейную схему (ключи, кнопки, реле, электромагниты, лампы, блинкеры и т. п.), по выполняемым ими функциям можно разделить на три группы:

1) *приемные элементы*, воспринимающие воздействие на схему извне;

2) *исполнительные элементы*, выполняющие функции, для которых предназначена схема;

3) *промежуточные элементы*, служащие для передачи воздействия приемных элементов на исполнительные и обеспечения определенной заданной последовательности работы элементов схемы.

Следует отметить, что иногда функции промежуточных элементов могут выполняться приемными или исполнительными элементами, так, например, в широко известных схемах релейных переключателей реле-счетчики,

кроме контактов, служащих для переключения внешних цепей, имеют контакты, которые используются для обеспечения работы самого переключателя.

По характеру работы релейные схемы разделяются на *однотактные* и *многотактные*.

В однотактных схемах состояние исполнительных элементов однозначно определяется состоянием приемных элементов в каждый данный момент. В однотактных схемах не предусматривается какая-либо определенная последовательность действия приемных и исполнительных элементов, поэтому промежуточные элементы отсутствуют.

В многотактных схемах предусматривается определенная последовательность работы приемных или исполнительных элементов или и тех и других; для осуществления этой последовательности необходимо наличие промежуточных элементов.

Релейные схемы с контактными элементами состоят из соединенных между собой исполнительных органов этих элементов (переменных электрических контактов реле, ключей и кнопок) и реагирующих органов различных аппаратов (обмоток реле, блинкеров, электромагнитов, нитей ламп и т. п.). Отдельные исполнительные органы (контакты) или реагирующие органы (обмотки) являются *структурными элементами* схемы.

Структурой релейной схемы называют ее изображение, показывающее количество и состав структурных элементов и конфигурацию соединений между ними.

Часть релейной схемы, содержащую только контакты, называют *контактной схемой*.

По положению в схеме из общего числа структурных элементов иногда следует выделять *начальные* и *конечные* элементы, т. е. элементы, присоединенные соответственно к начальной и конечной точкам схемы.

За начальную и конечную точки принимают точки (при развернутом начертании схемы — шины), к которым присоединяются полюсы источника питания схемы. Разделение точек на начальную и конечную производится условно; эти точки могут быть взаимно заменены, т. е. начальная точка может быть принята конечной и наоборот.

Схемы, в которых все реагирующие органы являются конечными элементами, а контактные цепи включены

последовательно с реагирующими органами, называются *нормальными схемами* (схемами нормального вида).

По виду соединений различают параллельно-последовательные схемы (схемы класса П) и схемы с мостовыми соединениями. Последние схемы часто называют схемами класса Н, так как простейшая схема такого вида, состоящая из пяти структурных элементов (рис. 20), по своему начертанию сходна с буквой н.

В схемах класса П контакты и реагирующие органы различных элементов соединены между собой или параллельно, или последовательно. В схемах класса Н наличие мостовых соединений приводит к тому, что контакты и реагирующие органы различных элементов оказываются соединенными между собой одновременно в одних цепях последовательно, а в других параллельно.

При исследовании схем приходится решать две основные задачи:

1) *синтез схем* — нахождение структуры схемы по заданным условиям работы схемы;

2) *анализ схем* — определение условий работы схемы или отдельных ее элементов по имеющейся структуре схемы.

При синтезе и анализе схем необходимо производить такие их преобразования, при которых сохраняется *равносильность* схем, т. е. при которых с изменением структуры действие схем удовлетворяет заданным условиям. При разрешении некоторых практических инженерных вопросов *равносильное преобразование схем* может являться самостоятельной задачей.

2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ СТРУКТУРЫ И УСЛОВИЙ РАБОТЫ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ

Наиболее распространенным способом изображения структуры релейных схем является их графическое вычерчивание, при котором контакты и реагирующие органы элементов схем изображаются в виде графических символов (см. ГОСТ 7624-55). При описании схем, изображенных в развернутом начертании, приходится для каждого контакта и реагирующего органа, помимо графических символов, вводить буквенные обозначения. При небольшом усложнении буквенных обозначений

можно совершенно отказаться от использования графических символов.

Если обозначать реагирующие органы элементов большими буквами алфавита, замыкающие (нормально разомкнутые) контакты—малыми буквами и размыкающие (нормально замкнутые) контакты—малыми буквами с чертой над буквой, то при вычерчивании схем можно использовать только эти буквенные обозначения без графических символов.

Если же обозначить некоторыми символами также характер соединений между контактами и реагирующи-

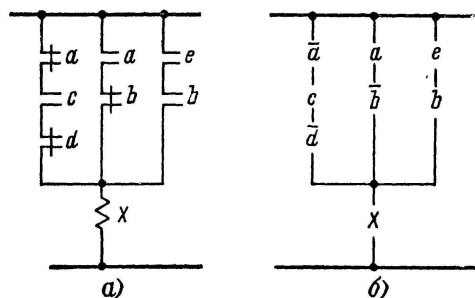


Рис 1.

ми органами, а именно, если обозначить последовательное соединение знаком умножения (точкой), а параллельное соединение—знаком сложения (плюсом), то структуру релейных схем можно записывать в виде аналитических выражений, которые носят название *структурных формул* схем.

Приведем пример записи структуры релейной схемы с помощью аналитического выражения.

Пусть дана схема в графическом изображении, представленная на рис. 1, а.

Если отказаться от графических символов, то та же схема при использовании буквенных символов может быть начерчена в виде, показанном на рис. 1, б.

Если же использовать указанные выше символы, обозначающие характер соединения, то та же схема может быть записана аналитически в виде следующей функции:

$$f_{(X)} = \bar{a} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} + e \cdot b. \quad (1)$$

Правая часть этой структурной формулы выражает контактную схему — контактный двухполюсник. В левой части индекс X при функции f указывает, что рассматриваемый контактный двухполюсник воздействует на один реагирующий орган X .

Определяя словесно (высказывая) условия работы какого-либо элемента X , мы по существу описываем схему включения контактов в цепи его реагирующего органа, поэтому структурная формула, выражающая контактный двухполюсник, показывает не только структуру схемы, но и условия работы элемента, на реагирующий орган которого воздействует этот двухполюсник.

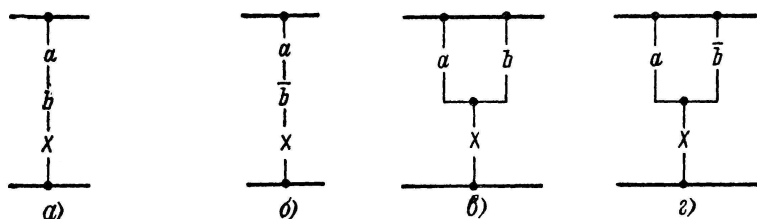


Рис. 2.

Следовательно, по имеющейся структурной формуле для какого-либо элемента можно сформулировать условия его работы и, наоборот, на основании словесного выражения условий работы какого-либо элемента можно составить для него структурную формулу схемы.

Поясним это следующими примерами элементарных схем.

Пусть какой-либо элемент X должен сработать (т. е. цепь реагирующего органа этого элемента должна быть замкнутой) при срабатывании элемента A и срабатывании элемента B . Схема, удовлетворяющая этим условиям, будет состоять из соединенных последовательно замыкающих контактов элементов A и B и реагирующего органа элемента X (рис. 2,а).

Структурная формула этой схемы будет иметь вид:

$$f_{(X)} = a \cdot b.$$

Пусть элемент X должен сработать при срабатывании элемента A и несрабатывании элемента B . Соответствующая схема будет состоять из соединенных после-

довательно замыкающего контакта элемента A , размыкающего контакта элемента B и реагирующего органа элемента X (рис. 2,б).

Структурная формула этой схемы будет иметь вид:

$$f_{(x)} = a \cdot \bar{b}.$$

Пусть элемент X должен сработать при срабатывании элемента A или срабатывании элемента B . Соответствующая схема будет состоять из соединенных параллельно замыкающих контактов элементов A и B , последовательно с которыми должен быть соединен реагирующий орган элемента X (рис. 2,в).

Структурная формула этой схемы будет иметь вид:

$$f_{(x)} = a + b.$$

Пусть элемент X должен сработать при срабатывании элемента A или несрабатывании B . Соответствующая схема будет состоять из соединенных параллельно замыкающего контакта элемента A и размыкающего контакта элемента B , с которыми последовательно должен быть соединен реагирующий орган элемента X (рис. 2,г).

Структурная формула этой схемы будет иметь вид:

$$f_{(x)} = a + \bar{b}.$$

Из рассмотренных примеров следует, что наличие союза «и» в словесном выражении условий срабатывания для какого-либо элемента указывает на последовательное соединение воздействующих на него контактов, а наличие союза «или» — на параллельное.

Кроме того, если в словесном выражении говорится, что какой-либо элемент должен сработать при срабатывании другого (воздействующего на него) элемента, то в цепь его реагирующего органа должен быть включен замыкающий контакт воздействующего элемента; если же говорится, что элемент должен сработать при несрабатывании воздействующего элемента, то должен быть включен размыкающий контакт.

С помощью этих правил можно по структурной формуле контактной схемы, воздействующей на какой-либо элемент, выразить словесно условия его работы. Так, например, по структурной формуле (1) можно сказать,

По схемам на рис. 1, *a, б* нетрудно проверить, что при вышеуказанных комбинациях состояний воздействующих элементов в контактной схеме, последовательно с которой включен реагирующий орган *X*, создаются замкнутые цепочки (проводимость контактной схемы становится равной ∞).

Для каждого из элементов, реагирующие органы которых должны быть включены в схему, можно написать структурную формулу в следующем виде:

$$\begin{aligned} f_{(X)} &= f_1(a, b, c, \dots, q); \\ f_{(Y)} &= f_2(a, b, c, \dots, q); \\ &\vdots \\ f_{(\mathbb{W})} &= f_n(a, b, c, \dots, q). \end{aligned}$$

Условное графическое изображение этих формул представлено на рис. 3.

Так как воздействующие контакты включены последовательно с реагирующими органами, а цепи различных реагирующих органов включены между собой параллельно, то структуру всей схемы, изображенной на рис. 3, можно записать в следующем виде:

$$F = f_1(a, b, c, \dots, q)X + f_2(a, b, c, \dots, q)Y + \dots + f_n(a, b, c, \dots, q)W$$

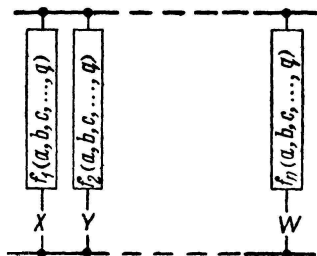


Рис. 3.

или в общем виде:

$$F = f(a, b, c, \dots, q; X, Y, \dots, W).$$

Таким образом, алгебраическая функция, содержащая условные обозначения контактов в виде малых букв и реагирующих органов — в виде больших букв, соединенных между собой знаками умножения и сложения, может выражать структуру некоторой релейной схемы.

Необходимо заметить, что такая структурная форма непосредственно не выражает условий работы входящих в нее реагирующих органов. Для получения условий работы реагирующих органов необходимо формулу такого типа для всей релейной схемы преобразовать в ряд формул вида (1), выражающих контактные схемы для каждого из реагирующих органов. Это соответствует преобразованию релейной схемы в вид, показанный на рис. 3.

Следует различать структурные формулы, содержащие только символы контактов, т. е. выражающие контактные схемы, и структурные формулы, содержащие символы контактов и реагирующих органов, т. е. выражающие релейные схемы в целом.

При записи структурных формул примем следующие обозначения: малой буквой f будем обозначать функции, содержащие в себе только символы контактов, большой буквой F будем обозначать функции, содержащие в себе как символы контактов, так и символы реагирующих органов.

3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ АЛГЕБРЫ КОНТАКТНЫХ СХЕМ

Аналитическая запись структуры и условий работы релейных схем дает возможность производить аналитические равносильные преобразования схем, т. е. путем преобразования структурных формул находить схемы, аналогичные по своему действию. Особенно полно методы преобразования разработаны для структурных формул, выражающих контактные схемы. Для контактных схем используется математический аппарат алгебры логики, точнее — одной из наиболее простых ее разновидностей, называющейся исчислением высказываний или

булевой алгеброй (по фамилии математика прошлого века Дж. Буля).

Исчисление высказываний первоначально разрабатывалось для исследования зависимости истинности или ложности сложных суждений от истинности или ложности составляющих их простых суждений. По существу исчисление высказываний представляет собой алгебру двух чисел, т. е. такую алгебру, в которой каждый отдельный аргумент и любая функция могут иметь одно из двух значений. Этим и определяется возможность использования булевой алгебры для преобразования контактных схем, так как каждый из входящих в структурную формулу аргументов (контактов) может принимать всего два значения, т. е. может быть замкнутым или разомкнутым, и вся функция, представленная структурной формулой, может выражать или замкнутую, или разомкнутую цепь.

Структурные формулы, выражающие релейные схемы в целом, т. е. содержащие символы реагирующих органов, нельзя рассматривать как функции двух значений, выражающих только замкнутую или разомкнутую цепи. Поэтому при оперировании такими функциями возникает ряд новых зависимостей, выходящих за пределы булевой алгебры.

В булевой алгебре существуют четыре пары основных законов: два переместительных, два сочетательных, два распределительных и два закона инверсии. Эти законы устанавливают равносильность различных выражений, т. е. рассматривают такие выражения, которые можно взаимно заменить подобно замене для тождеств в обычной алгебре. В качестве символа равносильности примем символ, одинаковый с символом равенства в обычной алгебре ($=$).

Справедливость законов булевой алгебры для контактных схем будем устанавливать путем рассмотрения схем, соответствующих левым и правым частям равносильных выражений.

а) Переместительные законы

Относительно сложения:

$$x + y = y + x. \quad (2)$$

Соответствующие этим выражениям схемы представлены на рис. 4,а.

Левая и правая схемы представляют нормально разомкнутые цепи, каждая из которых при срабатывании любого из элементов (X или Y) замыкается, т. е. эти схемы равносильны.

Относительно умножения:

$$x \cdot y = y \cdot x. \quad (3)$$

Соответствующие этим выражениям схемы представлены на рис. 4, б, их равносильность также очевидна.

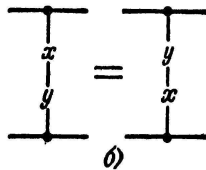
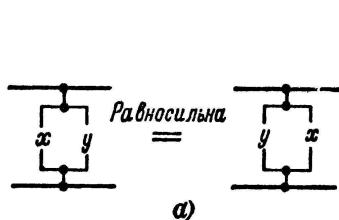


Рис. 4.

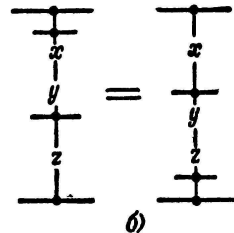
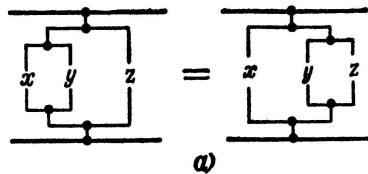


Рис. 5.

б) Сочетательные законы

Относительно сложения:

$$(x + y) + z = x + (y + z). \quad (4)$$

Относительно умножения:

$$(x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z). \quad (5)$$

Соответствующие этим выражениям пары равносильных схем представлены на рис. 5, а, б.

в) Распределительные законы

Умножения относительно сложения:

$$(x + y) \cdot z = x \cdot z + y \cdot z. \quad (6)$$