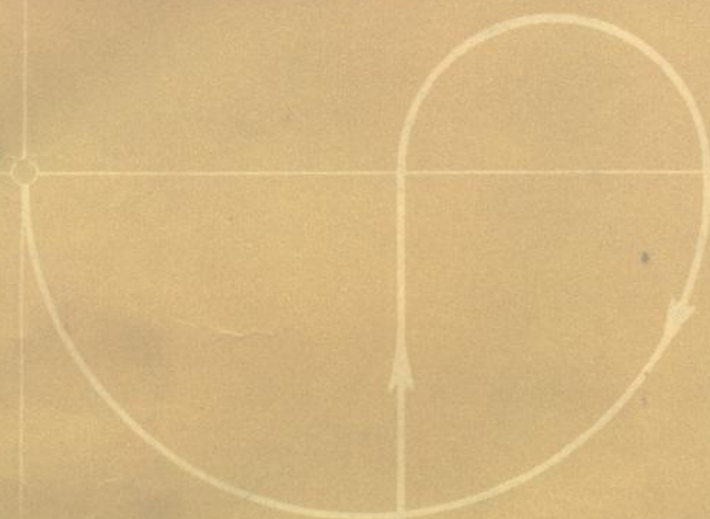


自动化丛书



继电线路结构原理

〔苏联〕A. H. 尤拉索夫著 陆益寿译

上海科学技术出版社

73.823
136

自动化丛书

28

继电线路结构原理

〔苏联〕A. H. 尤拉索夫 著

陆益寿 译

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书扼要地闡述继电綫路原理的基本概念;討論变换继电綫路的方法、設計某些特殊形式的电路的結構,以及綜合和分析单步电路和多步电路的方法。

本书供自动化工程技术人員,及从事于继电綫路原理研究者的参考。

ТЕОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ

РЕЛЕИНЫХ СХЕМ

А. Н. Юрасов

Госэнергоиздат • 1962

自动化丛书(28)

继电綫路結構原理

陆益寿 譯

自动化丛书編輯委员会主編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

大东集成印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本787×1092 1/32 印張3 12/32 排版字數74,000

1963年12月第1版 1963年12月第1次印刷 印数1—7,500

統一書号 15119·1766 定价(十二) 0.40 元

前言^①

在自动化技术中,用继电器来控制设备的地方相当多,在遥控技术、电话、电力拖动、计算技术、铁道运输中的自动技术和远动技术、动力装置的继电器保护和其他一些技术领域中都应用得很广泛。

最近几年中,许多国家的一些技术期刊里刊载了大量有关继电器线路理论的论文和出版了一些专门著作,而不同的设计与科学研究机构应用这一理论的试验又指出了它的实用性,它保证用最少的時間,得到最合理的电路方案。某些科学研究所已经在这个理论基础,創造了自动分析和综合电路的样机。

本书的宗旨是給具备普通电工学知識的讀者以实际应用继电器线路原理所必需的起碼知識。为了这个緣故,本书不仅仅叙述电路原理的基本法則和方法,而且还引用相当多的应用这些法則和方法的简单典型例子。在叙述理論的原理时,也引述这些原理的根据;但是,为了减少篇幅,这些論証是加以簡化了的;有时候,这些論証并无严密的数学証明的特征。

书中主要討論純粹的分析方法。各种图解法和表解法(矩陣法)在本书里都不作系統的叙述。对希望深入地获得继电器线路原理知識的讀者們特提供了相应的参考文献目录。文献[4]对有接点元件的继电器线路原理叙述得較全面和有系統。

文献[10]是討論无接点元件电路的专著,文献[3]是对个别問題作較深入討論的資料。在期刊“自动学和远动学”里也定期地登載有关继电器线路原理方面的文献目录。

① 有节略。——譯注

目 录^①

前 言

第1章 继电线路的理论基础	1
1. 基本概念、基本定义和基本术语	1
2. 继电线路的结构和工作条件的分析式	3
3. 接点电路代数的基本定律	8
4. 动作条件和不动作条件	11
5. 0 和 1 的概念	16
6. 变换接点电路的主要等效律	18
第2章 特种电路的等效变换	26
7. 带桥接元件的电路	26
8. 带闸门元件和作用相反的接点的电路	35
9. 反演电路	40
10. 含有继电器线圈的电路的变换	43
第3章 继电线路的综合和分析	48
11. 单步电路的综合	48
12. 电路的分析	60
13. 根据接入表分析多步电路	65
14. 根据接入公式综合多步电路	84
15. 确定多步电路的元件的作用次序	90
第4章 开关电路逻辑的应用	94
16. 无接点元件的继电线路	94
参考文献	104

① 本书章名为中译者加编的。

继电线路的理论基础

1. 基本概念、基本定义和基本术语

继电线路是一种电路，在这种电路里，当改变输入参量（电压、电流）时，输出参量就作跳跃式的变化。

由有接点的电磁元件（继电器）组成的电路是最普遍使用的和最典型的继电线路。继电线路原理正好对这种电路研究得特别深透和严密，所以本书的大部分材料是阐述有接点元件的电路。本节里要叙明的基本定义和基本术语也多半属于这一类电路。某些用来说明无接点元件电路的专门定义和专门术语将在第 16 节里叙述。

继电线路中的各种元件（开关、按钮、继电器、电磁铁、信号灯、指示器等等），按所起的作用可以分为三类：

- (1) 从外面把作用接收到电路中去接收元件；
- (2) 完成电路预定要完成的作用的执行元件；
- (3) 用以传递接收元件的作用到执行元件中去，并且保证电路元件按规定的次序工作的中间元件。

有时候，可能就由接收元件或执行元件来承担中间元件的作用。例如，在继电器式计数器中的继电器转换开关电路里，除通断外回路的一些接点外，还备有一些接点用来保证开

关本身的工作。

继电器线路按照工作的特点分为单步电路和多步电路。

在单步电路中，各执行元件的状态由每一指明瞬间时各接收元件的状态单独来决定。在单步电路中，不为接收元件和执行元件预先规定任何动作次序，因此没有中间元件。

在多步电路中则预先规定各接收元件或各执行元件的工作次序，或者既规定接收元件的工作次序，又规定执行元件的工作次序。为实现这些动作次序，就必须有一些中间元件。

带接点元件的继电器线路是以这些接点元件的执行机构（继电器上的、开关上的和按钮上的可变电气接点）同各种各样器件（继电器的线圈、指示器、电磁铁、讯号灯的灯丝等等）的各反应机构互相联接起来而构成的。各个别执行机构（接点）或反应机构（线圈）便是电路的结构元件。

说明结构元件的数量和成分，以及这些结构元件之间的联接形状的图案称为继电器线路的结构。

只含有接点的继电器线路部分叫做接点电路。

有时候必须从结构元件的总数中，按照这些元件在电路里的位置分出起始元件和终末元件，亦就是指分别接在电路的起点和终点上的那些元件。

接有电路电源电极的那些结点（在电路展开图上是汇电条）作为起始点和终末点。结点划分为起始结点和终末结点是有特定条件的，这些结点要能互相换置，亦就是说，起始结点可以作为终末结点，反过来也是如此。

凡是全部反应机构都是终末元件，而接点回路则同这些反应机构相串联的电路叫做标准电路（标准形式的电路）。

按照联接的形式，有串并联电路（II类电路）和桥接电路之分。后一种电路常常称做为II类电路，因为最简单的II类

电路由五个结构元件组成(图 20),它的图形同字母 H 相象。

在 II 类电路里,各种元件的接点和反应机构或是并联,或是串联,而在 H 类电路里,则加入了桥式联接,使各种元件的接点和反应机构之间的联接,在一个回路中是串联的,同时在另一个回路中则是并联的。

在研究电路时必须解决两个基本问题,即:

(1) 电路的综合是根据给出的电路工作条件求电路的结构。

(2) 电路的分析是根据已有的电路结构确定电路或它的个别元件的工作条件。

在综合和分析时需要电路作这样一种变换,就是在变换中要保持电路的等效作用,亦就是说,在变换时,改变了电路的结构,而电路的动作仍保持着给定的条件。在解某些实际工程题目时,电路的等效变换可能是一件独立的工作。

2. 继电线路的结构和工作条件的分析式

说明继电线路的结构的最常见的方法是图示法。在图示法里,电路元件的接点和反应机构都用图例符号(ГОСТ 7624-55)来表达。在解说以展开图的形式表达的电路时,必须对每一个接点,和对每一个反应机构,也就是说,对每一个图例符号添注一个字母的代号。当字母代号不太复杂时,就可以完全放弃使用图例符号。

设元件的反应机构用大写字母命名,动合接点(常开接点)用小写字母表示,静合接点(常闭接点)用小写字母,上面带一短划表示,那末,在绘制电路时,就可以只用这些字母代号而不再用图例符号。

假使还用一些记号来表示接点和反应机构之间的联接特

征，即倘使用乘号(·)来表示串联，用加号(+)表示并联，那末，继电线路的结构就可以写成分析表达式。这个分析式叫做电路的结构公式。

现在来举一些例子，说明用分析表达式描述继电线路的构造。

设给出的展开式电路如图 1 a 所示。

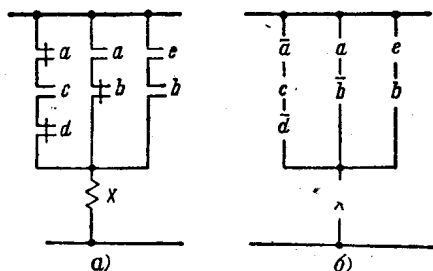


图 1

倘使放弃图例符号，那末这电路用字母记号就可以绘成图 16 所示的样子。

如果再利用上述说明联接特征的记号，那末这电路就可以写出下面函数形式的解析式

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

这一结构公式的右边部分说明接点电路是个接点两端网络。左边部分里，函数 f 傍注指数 X 表示所讨论的接点两端网络作用在一个反应机构 X 上。

用语来明确(说明)某某元件 X 的工作条件，实质上就是描述它的反应机构回路当中接点接通的电路。因此，说明接点两端网络的结构公式不仅表明电路的构造，而且也还说明这一元件(它的反应机构上作用着这一两端网络)的工作条件。

因此，根据已有的某一元件的结构公式就能够编写它的工作条件。反之，依照用文字描述的某某元件的工作条件就能够为它立出电路的结构公式。

现在用下面一些基本电路的例子来阐明这一点。

设某一元件 X 应当在元件 A 与元件 B 动作时工作（即这一元件的反应机构的回路应当接通）。满足这一条件的电路将由元件 A 的动合接点与元件 B 的动合接点与元件 X 的反应机构串联在一起组成（图 2a）。

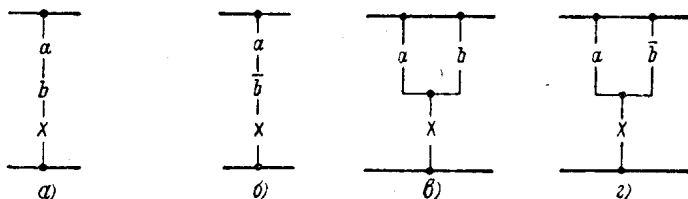


图 2

这电路的结构公式如下

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

又设元件 X 应当在元件 A 动作与元件 B 不动作时工作。对应于这个条件的电路就将由元件 A 的动合接点与元件 B 的静合接点与元件 X 的反应机构串联在一起组成（图 2б）。

这电路的结构公式如下

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

又设元件 X 应当在元件 A 动作时或元件 B 动作时工作。对应的电路就将由元件 A 的动合接点和元件 B 的动合接点并联在一起，再同元件 X 的反应机构串联组成（图 2в）。

这电路的结构公式如下

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

再設元件 X 应当在元件 A 动作或元件 B 不动作时工作。对应的电路則将由元件 A 的动合接点和元件 B 的靜合接点并联在一起,再同元件 X 的反应机构串联組成(图 21)。

这电路的結構公式如下

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

从上面所举的这些例子可以得到結論,就是凡是某一元件的动作条件的文字表达式中有联接詞“与”字者,就表明作用在这一元件上的那些接点串联在一起;用联接詞“或”字者表示并联在一起。

除此以外,倘使文字表达式說,某一元件应当在作用于它上面的另一元件动作时才工作,那末,在它的反应机构回路里就应该接有該作用元件的动合接点;如果是說,这一元件应当在作用元件不动作时工作,那就应该在反应机构回路里接入靜合接点。

依靠这些法則,就可以根据作用在某一元件上的接点电路的結構公式說出这一元件的文字式工作条件。譬如,图 1a6 所示电路中,元件 X 的工作条件根据結構公式(1)可以說成这样:假使元件 A 不动作与元件 C 动作与元件 D 不动作,或元件 A 动作与元件 B 不动作,或元件 E 动作与元件 B 动作,那末元件 X 就动作。

根据图 1a6 中的电路不难看出,在各作用元件的上述状态組合下,在串接着反应机构 X 的回路当中构成了一些接通的环节(接点电路的导电性等于 ∞)。

依靠結構公式还可以描述含有多个反应机构的电路的結構。設电路里接有元件 $X, Y, \dots, W$ 的反应机构;在这些反应机构上則作用着元件 $A, B, C, \dots, Q$ 的接点。

对于每一个有反应机构接在电路中的元件，可以写出下列结构公式

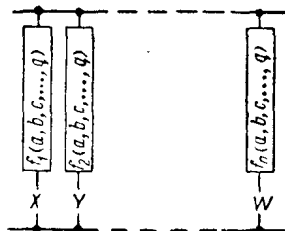
$$f_{(X)} = f_1(a, b, c, \dots, q)$$

$$f_{(Y)} = f_2(a, b, c, \dots, q)$$

.....

.....

$$f_{(W)} = f_n(a, b, c, \dots, q)$$



这些公式的特定图示法如图 3

图 3

所示。

由于作用接点是同反应机构串联在一起，而各反应机构彼此是并联的，于是图 3 所示整个电路的结构可以写成下式

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

或写成一般式

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

由此可见，含有用小写字母表示接点和用大写字母表示反应机构，并且彼此之间又用乘号和加号连接着的代数函数能够表示出某某继电线路的结构。

这样的结构公式不直接表示出参加在电路中的那些反应机构的工作条件。要取得这些反应机构的工作条件，必须把为整个电路设立的公式变换为许多象式 (1) 那样的公式。这些公式分别说明每一反应机构上的接点电路。这相当于变换成如图 3 所示的继电线路。

只含有接点符号的结构公式 (即说明接点电路的结构公式) 应当同含有接点符号和反应机构符号的结构公式 (即说明整个电路的结构公式) 有所区别。

在写结构公式时，采用下面一些记号： f 表明其中只含有

接点符号的函数, F 则表示其中既含有接点符号, 又含有反应机构符号的函数。

3. 接点电路代数的基本定律

继电线路的分析式和工作条件给我们有可能用分析方法对电路来进行等效变换, 换句话说, 有可能用变换结构公式的方法求出作用相同的电路。变换方法中研究得特别完善的是对含有接点电路的结构公式的变换。对接点电路则利用逻辑代数作数学工具。正确地说, 逻辑代数是所谓表意计算的最简单形式中的一种, 也叫做布尔代数。

表意计算最初是为探讨复杂推理的正确性或谬误性与组成这些复杂推理的单纯推理的正确性或谬误性之间的关系而进行研究的。按实质来说, 表意计算乃是两个数的代数, 亦就是, 每一个个别的自变量和任何一个函数都必定是两个值中的一个值。这一点也就断定利用布尔代数以变换接点电路有其可能性, 因为每一个参加在结构公式中的自变量(接点)总共只能采用两个值(意义), 即要末是闭合的, 要末是断开的; 整个用结构公式表达的函数则或者是接通的, 或者是断路的回路。

说明整个继电线路的结构公式, 即含有反应机构的符号的结构公式, 就不能当作是个只说明是接通的回路还是断路的回路那样两个值的函数来加讨论。因此, 在演算这样的函数时, 可能产生许多超出了布尔代数界限的新关系。

布尔代数中有四对基本的定律, 其中两对是交换律, 两对是结合律, 两对是分配律, 两对是反演律。这些定律构成了不同形式的表达式的等效性, 亦就是说, 这些定律探讨的表达式可以象一般代数里作恒等替代一样互相代换。我们就用与一

般代数里的等号(=)的符号来作为等效的記号。

布尔代数用于接点电路是否正确将通过审查等效式左边部分的电路和右边部分的电路来确定。

交换律

对加法

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

此式相对应的电路如图 4a 所示。

对乘法

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

此式相对应的电路如图 4b 所示。它们的等效性是一看就明白的。

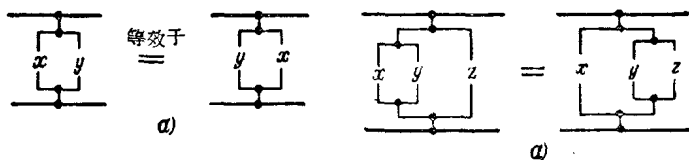


图 4

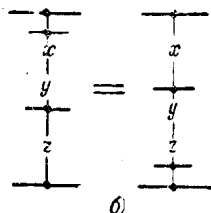


图 5

結合律

对加法

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

对乘法

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

对应于这两式的一对等效电路如图 5a、b 所示。

分配律

乘对加的分配律

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

加对乘的分配律

$$x \cdot y + z = (x+z)(y+z) \quad (7)$$

对应于这两式的电路如图 6a、b 所示。

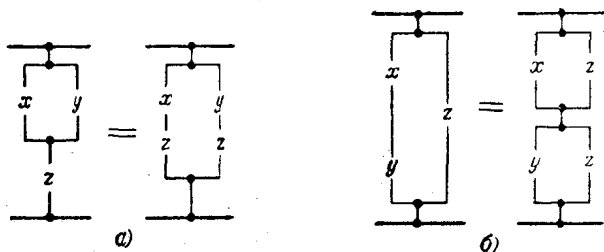


图 6

研究了接点动作的不同组合情形之后，就容易相信这些电路的等效性。

反演律

对加法

$$\overline{x+y} = \overline{x} \cdot \overline{y} \quad (8)$$

式中左边部分字母上面的短划就是否定记号，或称反演记号。这个记号表明，整个函数具有同否定记号下所列表达式相反的意义。

要画出相当于整个反演函数的电路是不可能的，但是，相应于否定记号下的表达式的电路是画得出的。因此，式(8)可以用图 7a 所示的电路来加以说明。

左边电路相当于表达式 $x + y$, 右边电路则相当于 $\bar{x} \cdot \bar{y}$ 。这两个电路在作用上彼此相反, 也就是说, 假如左边的电路在元件 X 、 Y 不动作时是断路的, 那末, 右边电路则为接通的。倘若左边电路在任何一个元件动作时被接通, 那末右边的电路相反地就被断开。

按照否定記号的定义, 函数 $\overline{x+y}$ 相反于函数 $x+y$, 显然, $\overline{x+y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$ 。

对乘法

$$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y} \quad (9)$$

相应的电路如图 76 所示。

交换律(2)和(3), 結合律(4)和(5), 以及乘对加的分配律都分别相当于一般代数学中的类似的定律。因此, 在变换結構公式的时候, 对有相加項和相乘項的式子来說, 提公因子到括弧之外和脫掉括弧两种演算可以遵守一般代数的規則。加对乘的分配律(7)及反演律(8)和(9)是布尔代数所特有的。

4. 动作条件和不动作条件

上面已經讲过, 根据已有的电路元件动作条件, 就可以立出初始的电路結構公式, 也即可以求得电路的构造。动作条件应理解为作用于所研究的反应元件上的接点回路在这条件下应当是接通的。

有时候, 在实际設計继电器控制設備, 例如設計各种保护閉塞器和动作限位器, 可能要規定所討論的元件必須是被切除的, 也就是說, 作用于这个元件上的接点回路应当是断路

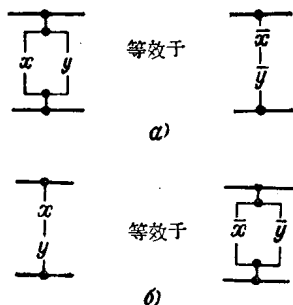


图 76

的。这种条件就叫做不动作条件。当然,电路的结构也可以从电路的不动作条件中求得,但是在这种情况下,根据文字表达式编制结构公式的法則将是另一个样子的了。现在先討論下面一些基本电路的例子,而后再来为这些法則立出公式。

现在来看对加法的反演式

$$\overline{x+y} = \bar{x} \cdot \bar{y}$$

設式中左边否定記号下的函数 $x+y$ 所相对应的电路作用于某一元件 W_1 上(图 8a)。

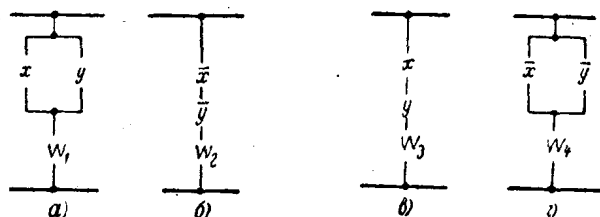


图 8

这时候可以为元件 W_1 列出下列动作条件: 倘若元件 X 动作, 或元件 Y 动作, 则元件 W_1 就动作。

又假设在某一元件 W_2 的反应机构上作用着相当于函数 $\bar{x} \cdot \bar{y}$ 的接点电路(图 8б)。

从电路中可以看出, 倘使元件 X 动作, 或元件 Y 动作则元件 W_2 不动作, 因为它的回路是断开的。

这样, 在元件 X 和元件 Y 的同一个动作条件下, 在第一种情形中(图 8a) 元件 W_1 动作, 而在第二种情形中(图 8б) 元件 W_2 则不动作。除此而外, 在第一种情形中, 元件 X 和元件 Y 的接点是并联的, 而在第二种情形中则是串联的。再则, 在第一种情形中, 元件的接点是动合接点, 在第二种情形中则