第2卷 第1期 自动化学报 Vol. 2, No. 1
1964年1月 ACTA AUTOMATICA SINICA January, 1964

多端接点网絡綜合的图解法[1)]

王雨新

摘要

本文講述的綜合多端接点网絡的图解法是对 B. H. Рогинский 的图解法的改进. 在第一节中,定义了基本号碼組,給出了构造串并联电路的方法. 在第二节中,在考慮迂迴路的情况下,定义了一般号碼組和迂迴号碼組. 利用这种号碼組,可进一步使电路簡化,甚至有可能构成桥形电路.

引言

应用图解法构成接点网絡,是1957年由苏联学者 B. H. Рогинский 首先提出的[1]. 作者在此基础上,进行了下列两点改进,使图解法更加完善.

1. 本文提出了一种新的状态号碼組的表示方法. 在文献[1—8]中,状态号碼組是以十进数字表示的. 用这种表示方法构成电路时,只能按事先規定好的各个継电器的次序进行. 对电路的这样限制,得到的結果大都較为复杂. 另外,电路中使用的各个継电器的接点个数很不平均,在实际应用时,造成很大不便. 采用本文的状态号碼組表示方法后,对电路中各个継电器的排列次序不作任何限制,因而有可能构成較为簡单的电路. 并且也可构成能滿足事先对各个継电器使用的接点个数提出某些要求的电路.

2. 在文献[2、4、5、6]中,考慮迂迴路的利用时,定义了"基本号碼組"、"迂迴号碼組"和"禁止号碼組". 方法非常复杂,然而并沒有彻底解決这个問題. 本文在考慮迂迴路的利用时,只定义了"一般号碼組"和"迂迴号碼組",比較簡单而完整地解決了这个問題.

本文是在朱淇昌先生指导下写成的,在此表示感謝.

一、基本概念和基本方法

应用图解法构成电路的第一步是給出电路的工作状态表. 表1是一个由 n 个継电器 $A_1, \cdots, A_n$ 組成的两个輸出回路 x, y 的工作状态表. 用«0»表示継电器不工作,用«1»表示工作. 所有継电器工作和不工作的每种組合,称为一个工作状态. 表中所有工作状态是以二进数字大小次序排列的. 对于每一工作状态 i,当要求輸出回路 $x(y)$ 必須同輸入端相接通时,用«1»表示,即 $\mu_i(\eta_i)$ 为1; 必須断开时,用«0»表示,即 $\mu_i(\eta_i)$ 为0; 接通或断开均可时,用《ϕ》表示,即 $\mu_i(\eta_i)$ 为 ϕ.

表 1.

	$A_n\cdots A_2A_1$	x	y
0	$0\cdots00$	μ_0	η_0
1	$0\cdots01$	μ_1	η_1
2	$0\cdots10$	μ_2	η_2
3	$0\cdots11$	μ_3	η_3
$\cdots$	$\cdots\cdots$	$\cdots$	$\cdots$
2^n-2	$1\cdots10$	μ_{2^n-2}	η_{2^n-2}
2^n-1	$1\cdots11$	μ_{2^n-1}	η_{2^n-1}

1) 本文曾在1963年7月中国自动化学会模拟技术和远动技术专业会議上宣讀.

定义：$F_x = (\mu_0, \mu_1, \cdots, \mu_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1}$ 称为輸出回路 x 的号碼組．$A_n\cdots A_1$ 称为基底．

規定：

$$\mu_i^m = \begin{cases} 0, & 当\ \mu_i = 0,\ \phi\ 时, \\ 1, & 当\ \mu_i = 1\ 时, \end{cases} \qquad \mu_i^M = \begin{cases} 0, & 当\ \mu_i = 0\ 时, \\ 1, & 当\ \mu_i = \phi,\ 1\ 时. \end{cases}$$

定义：$F_{x最小} = (\mu_0^m, \cdots, \mu_{2^n-1}^m)_{A_n\cdots A_1}$ 称为輸出回路 x 的最小号碼組．

定义：$F_{x最大} = (\mu_0^M, \cdots, \mu_{2^n-1}^M)_{A_n\cdots A_1}$ 称为輸出回路 x 的最大号碼組．

定义：两号碼組 $F_x = (\mu_0, \cdots, \mu_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1}$，$F_y = (\eta_0, \cdots, \eta_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1}$．如果对任何 i 都有 $\mu_i^m \leqslant \eta_i^M$，則称 F_x 小于 F_y，記作 $F_x \leqslant F_y$．

定义：如果 $F_x \leqslant F_y$，$F_y \leqslant F_x$，則称 F_x, F_y 是重合的号碼組，記作 $F_x \cong F_y$．

由重合号碼組的定义，易得下面定理：

定理：若 $F_x \cong F_y$，則 x, y 可以合并为一公共回路 $x0y$，其号碼組为 $F_{x0y} = (\xi_0, \cdots, \xi_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1} = (\mu_0 0 \eta_0, \cdots, \mu_{2^n-1} 0 \eta_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1}$，其中

$$\xi_i = \mu_i 0 \eta_i = \begin{cases} 0, & 当\ \mu_i = 0\ 或\ \eta_i = 0\ 时, \\ \phi, & 当\ \mu_i = \eta_i = \phi\ 时, \\ 1, & 当\ \mu_i = 1\ 或\ \eta_i = 1\ 时. \end{cases}$$

由定理可知，若 $F_x \cong (1, \cdots, 1)_{A_n\cdots A_1}$，則 x 在任一状态下都可和輸入端相接通．若 $F_x \cong (0, \cdots, 0)_{A_n\cdots A_1}$，則 x 在任一状态下都可和輸入端不接通．

用图解法构成电路的基本原理是逐步去掉号碼組的基底中的継电器．設 F_x 的基底为 $A_n\cdots A_i\cdots A_1$，如果要把 A_i 从基底中去掉，很显然，需要用两个回路 x_0, x_1 代替回路 x（图 1）．回路 x_0 是通过継电器 A_i 的常閉接点引出来的，它的号碼組 F_{x_0} 是由 F_x 中 A_i 不工作的那些号碼組成的．回路 x_1 是通过継电器 A_i 的常开接点引出来的，它的号碼組 F_{x_1} 是由 F_x 中 A_i 工作的那些号碼組成的．

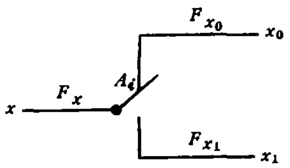


图 1.

号碼組的这种变换，称为号碼轉譯．

例如，$F_x = (\mu_0, \mu_1, \cdots, \mu_{15})_{A_4A_3A_2A_1}$．把 A_1, A_2, A_3, A_4 从基底中分别去掉的号碼轉譯依次为：

$$\begin{cases} F_{x_0} = (\mu_0, \mu_2, \mu_4, \mu_6, \mu_8, \mu_{10}, \mu_{12}, \mu_{14})_{A_4A_3A_2}, \\ F_{x_1} = (\mu_1, \mu_3, \mu_5, \mu_7, \mu_9, \mu_{11}, \mu_{13}, \mu_{15})_{A_4A_3A_2}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{x_0} = (\mu_0, \mu_1, \mu_4, \mu_5, \mu_8, \mu_9, \mu_{12}, \mu_{13})_{A_4A_3A_1}, \\ F_{x_1} = (\mu_2, \mu_3, \mu_6, \mu_7, \mu_{10}, \mu_{11}, \mu_{14}, \mu_{15})_{A_4A_3A_1}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{x_0} = (\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_8, \mu_9, \mu_{10}, \mu_{11})_{A_4A_2A_1}, \\ F_{x_1} = (\mu_4, \mu_5, \mu_6, \mu_7, \mu_{12}, \mu_{13}, \mu_{14}, \mu_{15})_{A_4A_2A_1}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{x_0} = (\mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5, \mu_6, \mu_7)_{A_3A_2A_1}, \\ F_{x_1} = (\mu_8, \mu_9, \mu_{10}, \mu_{11}, \mu_{12}, \mu_{13}, \mu_{14}, \mu_{15})_{A_3A_2A_1}. \end{cases}$$

有了这些基本概念之后，我們就可以构成电路了．其方法按以下步驟进行：

1. 在左端竪直画出所有輸出端 $x, y, \cdots$，并写出其相应的号碼組 $F_x, F_y, \cdots$．

例如，$F_x=(0101101\phi)_{CBA}$，$F_y=(11010\phi1\phi)_{CBA}$，可画为图 2 的样子.

2. 进行号碼轉譯. 按下述规则①—④选定 A_i 后，画出 A_i 的轉換接点、常閉接点和常开接点. 引出回路 x_0，x_1，并写出相应的轉譯号碼組 F_{x_0}，F_{x_1}.

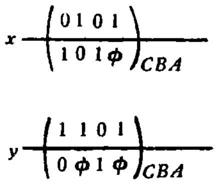


图 2.

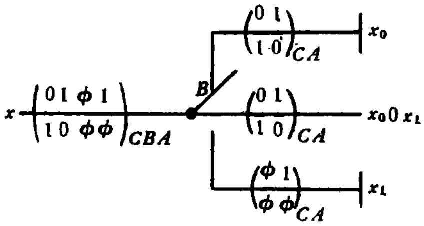


图 3.

① 如果有 A_i 存在，使 $F_{x_0}\cong F_{x_1}$，則取 A_i. 这时，回路 x_0，x_1 被合并为一公共回路 x_00x_1，就省去了 A_i 的常开及常閉两个接点(如图 3).

② 如果对任何 A_i 都不滿足①，而有 A_i 滿足：

$$F_{x_\alpha}\cong(0,\cdots,0)_{A_n\cdots A_{i+1}A_{i-1}\cdots A_1},\quad(\alpha=0,1)$$

則这时回路 x_α 可以去掉(如图 4 中画有"⊣"的回路).

③ 如果对任何 A_i 都不滿足①，②，而有 A_i 滿足：

$$F_{x_\alpha}\cong(1,\cdots,1)_{A_n\cdots A_{i+1}A_{i-1}\cdots A_1},$$

則这时回路 x_α 可以和輸入端相联接(如图 5 中画有"→+"的回路).

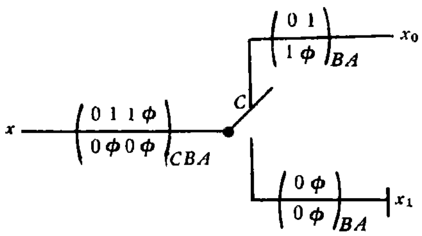


图 4.

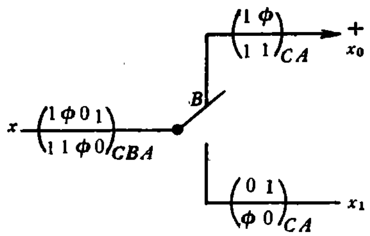


图 5.

④ 如果对任何 A_i 都不滿足①，②，③，則取 A_i 使之和其他回路的号碼組具有相同的基底，以便和其他回路进行合并.

3. 比較各个回路的号碼組，合并具有重合号碼組的回路.

这样就得到了一些新的回路，这些回路又可以看作是新的輸出端. 用与上面相同的方法繼續作下去，一直作到把所有回路的号碼組基底中的繼电器全部去掉为止. 这样就得到了所要构成的电路.

例如，我們要构成一个由四个繼电器 A，B，C，D 組成的三个輸出回路的电路，它的号碼組为：

$$F_x=(011010\phi1010\phi0\phi\phi\phi)_{DCBA},$$
$$F_y=(\phi00\phi1001111\phi1\phi\phi\phi)_{DCBA},$$
$$F_z=(\phi01111\phi0000\phi0\phi\phi\phi)_{DCBA}.$$

其建立的电路如图 6 所示.

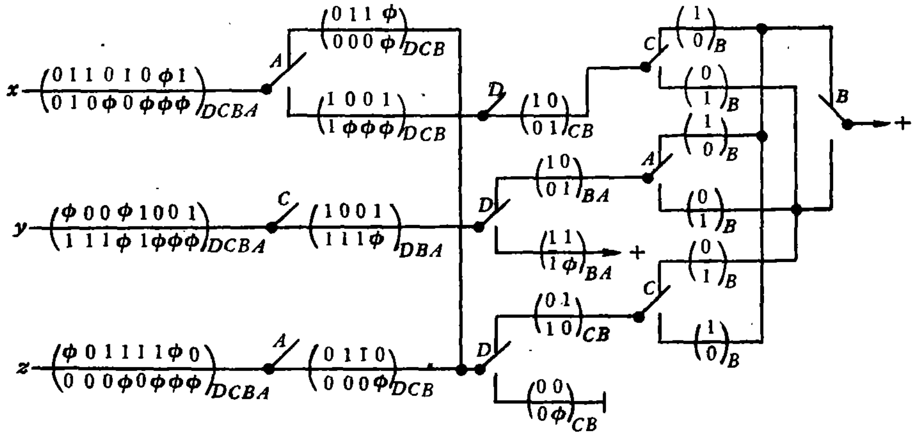


图 6.

二、一般的方法

前一节講述的是用图解法构成电路的基本方法. 用这种方法构成的电路只能是串并联电路. 下面我們把它扩展为更一般的形式,从而可以利用迂迴路构成桥形电路.

設 $F_x=(\mu_0,\cdots,\mu_{2^n-1})_{A_n\cdots A_1}$ 为輸出回路 x 的号碼組. 任取 A_i 按第一节的方法进行号碼轉譯,所得到的两个回路 x_0, x_1 的号碼組为:

$$F_{x_0}=(\eta_0^0,\cdots,\eta^0_{2^{n-1}-1})_{A_n\cdots A_{i+1}A_{i-1}\cdots A_1},$$
$$F_{x_1}=(\eta_0^1,\cdots,\eta^1_{2^{n-1}-1})_{A_n\cdots A_{i+1}A_{i-1}\cdots A_1}.$$

一般的号碼轉譯可以得到三个回路 x_0, x_1, x_ϕ 的号碼組(如图 7):

$$F_{x_\alpha}^{A_i^\alpha}=(\xi_0^\alpha,\cdots,\xi^\alpha_{2^{n-1}-1})^{A_i^\alpha}_{A_n\cdots A_{i+1}A_{i-1}\cdots A_1},\quad(\alpha=0,1,\phi)$$

其中 A_i^α 称为上基底. 它表明在怎样的情形下这个回路将和輸出端相接通.

若 $\alpha=\phi$ 时,我們有

$$\xi_i^\phi=\begin{cases}1\text{ 或 }0\text{(任取其一)},\text{当 } n_i^1=1,\ n_i^0=\phi\text{ 或 }1\text{ 时}\\ \qquad\qquad\text{或当 }\eta_i^0=1,\ \eta_i^1=\phi\text{ 或 }1\text{ 时};\\ 0,\qquad\text{当 }\eta_i^0=0,\text{ 或 }\eta_i^1=0\text{ 时};\\ \phi,\qquad\text{当 }\eta_i^0=\eta_i^1=\phi\text{ 时}.\end{cases}$$

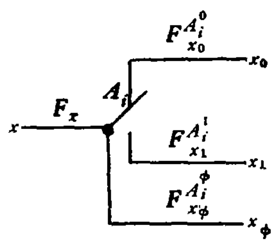


图 7.

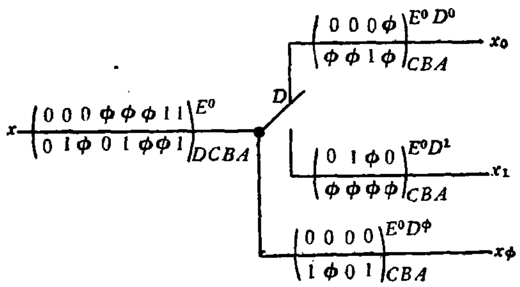


图 8.

若 $\alpha=0,1$ 时,我們有

$$\xi_i^\alpha=\begin{cases}0, & \text{当 } \eta_i^\alpha=0 \text{ 时;}\\ \phi, & \text{当 } \eta_i^\alpha=\phi \text{ 或 } \eta_i^\alpha=1,\ \xi_i^\phi=1 \text{ 时;}\\ 1, & \text{当 } \eta_i^\alpha=1,\ \xi_i^\phi=0 \text{ 时.}\end{cases}$$

图 8 是一般号碼轉譯的一个例子.

由于采用了一般号碼轉譯的方法，两个具有重合号碼組的回路在合并之前必須检查·合并是否会产生不滿足給定要求的迂迴路. 例如图 9 中，回路 a 和 b 显然是不允許合并的.

为此,在每个回路上,除了写出一般号碼組外,还要写出下面定义的“迂迴号碼組”. 迂迴号碼組表明在怎样的情形下,回路沿迂迴路和輸入端相接通.

設回路 x 的一般号碼組为 $F_x^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}}$. 取 A_r 进行号碼轉譯所得到的三个回路 x_0, x_1, x_ϕ 的号碼組为:

$$F_{x_0}^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}A_r^0},\quad F_{x_1}^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}A_r^1},\quad F_{x_\phi}^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}A_r^\phi}.$$

回路 $x_\alpha(\alpha=0,1)$ 可以得到一个迂迴号碼組 $J_{x_\alpha}^{A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^\alpha}$. 这个迂迴号碼組是由回路 x_ϕ 的一般号碼組把上基底改为 $A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^\alpha$ 得到的. 回路 x_ϕ 可以得到两个迂迴号碼組 $J_{x_\phi}^{A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^0}$ 和 $J_{x_\phi}^{A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^1}$, 其中第一个迂迴号碼組是由回路 x_0 的一般号碼組把上基底改为 $A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^0$ 得到的,第二个迂迴号碼組是由回路 x_1 的一般号碼組把上基底改为 $A_n^\phi\cdots A_{r+1}^\phi A_r^1$ 得到的. 在图中迂迴号碼組用方括号表示. 图 10 是求迂迴号碼組的一个例子.

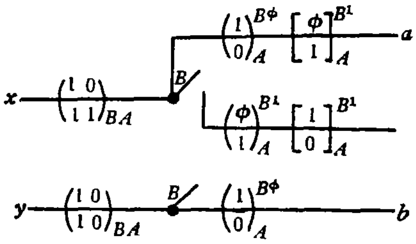


图 9.

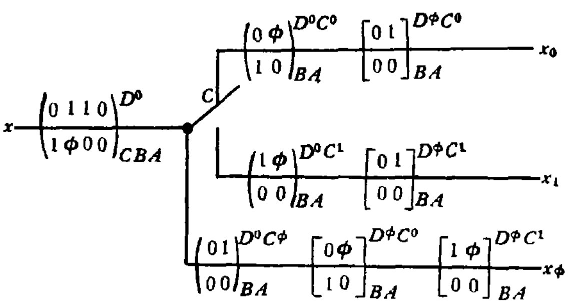


图 10.

在进行一般号碼轉譯的同时,迂迴号碼組也要进行号碼轉譯,其方法如下:

1. 設 x 的迂迴号碼組为 $J_x^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}}$. 取 A_r 进行号碼轉譯时,回路 x_0, x_1 的迂迴号碼組是按第一节的方法得到的:

$$J_{x_0}^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}A_r^0},\quad J_{x_1}^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_{r+1}^{\alpha_{r+1}}A_r^1}.$$

2. 回路 x_ϕ 的迂迴号碼組为 x_0, x_1 的所有迂迴号碼組.

图 11 是迂迴号碼轉譯的一个例子.

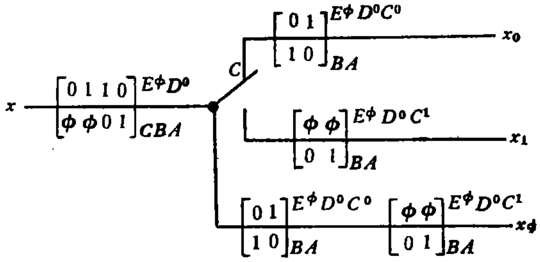


图 11.

定义: 两上基底 $A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}$, $A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}$ 称为是相交的,如果对任何 α_i, β_i 都不是一个为 0, 而另一个为 1.

定义: 两相交的上基底 $A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}$, $A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}$, 对任何 i, 若 $\alpha_i=\phi$, 都有 $\beta_i=$ $=\phi$, 则称 $A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}\subset A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}$.

設回路 x, y 的一般号碼組为 $F_x^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}}$, $F_y^{A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}}$, 且 $F_x\cong F_y$. 按下述步驟检查 x, y 是否可以合并:

1. 从回路 x 的所有迂迴号碼組中,取出与 $F_y^{A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}}$ 上基底相交的那些迂迴号碼組,設为 $J_{1x}, J_{2x}, \cdots$; 从回路 y 的所有迂迴号碼組中,取出与 $F_x^{A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}}$ 上基底相交的那些迂迴号碼組,設为 $J_{1y}, J_{2y}, \cdots$.

2. 如果滿足:

$$J_{1x}\leqslant F_y,\quad J_{2x}\leqslant F_y,\ \cdots,$$
$$J_{1y}\leqslant F_x,\quad J_{2y}\leqslant F_x,\ \cdots,$$

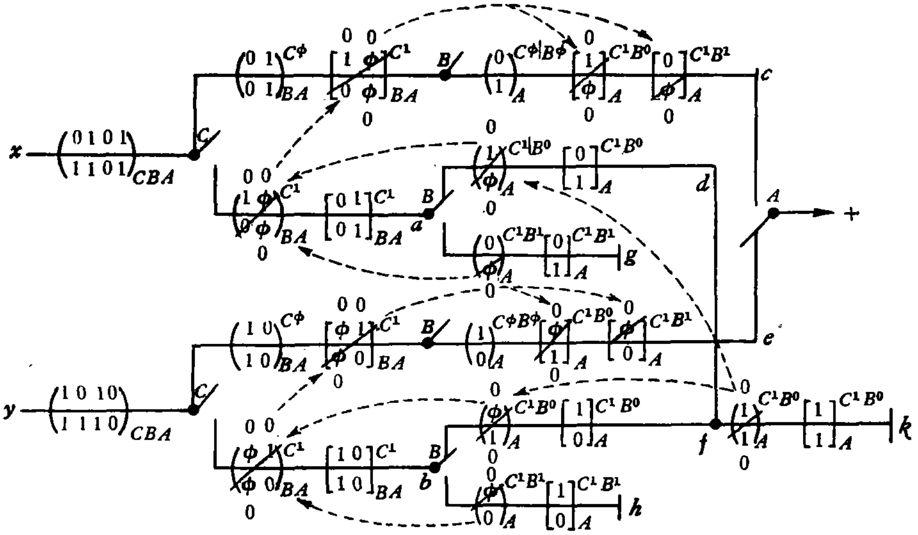
则 x, y 可以合并为一公共回路 $x0y$, 其上基底为两个 $A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}$, $A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}$. 迂迴号碼組为 x, y 的所有迂迴号碼組.

用这种方法很容易检查出图 9 中回路 a, b 是不可以合并的,因为 a 的迂迴号碼組为 $J_a^{B^1}=[\phi 1]_A^{B^1}$, 而 b 的一般号碼組为 $F_b^{B^\phi}=(10)_A^{B^\phi}$. 由于 B^1 和 B^ϕ 相交,而 $J_a\not\leqslant F_b$, 故 a, b 不可以合并.

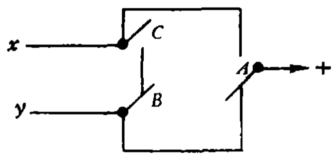
当两回路 x, y 合并后,若它的一般号碼組 $F_{x0y}^{\substack{A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}\\ A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}}}$ 中 $\mu_i=1$, 而某一迂迴号碼組 $J_{x0y}^{A_n^{\delta_n}\cdots A_n^{\delta_r}}$ 中亦有 $\eta_i=1$, 且 $A_n^{\alpha_n}\cdots A_r^{\alpha_r}\subset A_n^{\delta_n}\cdots A_r^{\delta_r}$, $A_n^{\beta_n}\cdots A_r^{\beta_r}\subset A_n^{\delta_n}\cdots A_r^{\delta_r}$, 则可以把 μ_i 改为 0. 此后,则把电路中所有 μ_i 皆改为 0.

例如, $F_x=(01011101)_{CBA}$, $F_y=(10101110)_{CBA}$. 其构成电路的步驟如图 12 (a) 所示. 从图中可以看出,点 a, b 的号碼組是重合的,但不滿足上述的检查条件,故不可以合并. 点 g, h 可以省掉,但需把号碼組中的 ϕ 改为 0. 于是要把前面轉譯成此号碼的所有号碼皆改为 0 (图中箭头所指的号碼). 点 c, f; d, e 也是不可以合并的. 只有点 d, f 可以合并, 合并后得到点 k. 因点 k 的一般号碼組中 $\mu_0=1$, $\mu_1=1$, 而迂迴号碼組中 $\eta_0=1$, $\eta_1=1$, 且两上基底滿足所包含的关系,则可以把 μ_0, μ_1 改为 0 而省去这个

回路．之后，把轉譯成此号碼的所有号碼皆改为 0．最后得到的电路如图 12(b) 所示，这是一个桥形电路．



(a)



(b)

图 12.

結 束 語

从上看来，用一般的方法构成电路是不受任何限制的．因此，当給定一电路要求后，我們有可能构成較为簡单的电路来．例如图 6 的例子，如果按文献中的方法构成电路，最好的方案要用 29 个接点簧片，而本文只用 20 个接点簧片；而图 12 的例子，則按文献中的方法不可能得到这样的結果．当然，用此法时，需要一定的熟練和技巧．当継电器个数較多时，方法也变得很复杂．

参 考 文 献

[1] Рогинский, В. Н., Графический метод синтеза контактных схем, *Электросвязь*, 1957, № 11.

[2] Рогинский, В. Н., Графический метод построения контактных многополюсных схем, *Проблемы передачи информации*, 1959, Вып. 1.

[3] Рогинский, В. Н., Графо-ленточный метод построения контактных (1, k)-полюсников, *Проблемы передачи информации*, 1960, Вып. 6.

[4] Рогинский, В. Н., Обобщенный графический метод построения контактных схем, *Автоматика и телемеханика*, 1961, № 3.

[5] Рогинский, В. Н., Графическое построение контактных схем с обходными путями, *Проблемы передачи информации*, 1961, Вып. 8.

[6] Roginski, W. N., A Graphical Method for Synthesis of Multiterminal Contact Networks, Proc. of an Intern, Symposium on the Theory of Switching, Part II, Harward Univ, Press, 1959.
[7] Scheinman, A. H., A Numerical-Graphical Method for Synthesizing Switching Circuits, *Trans. of AIEE, Comm. and Electronics, 1958,* Jan.
[8] Scheinman, A. H., The Numerical-Graphical Method in the Design of Multiterminal Switching Circuits, *Trans. of AIEE, Comm. and Electronics,* 1959, No. 6.

A GRAPHICAL METHOD FOR SYNTHESIZING MULTI-TERMINAL SWITCHING CIRCUITS

WANG YU-SING

The method of synthesizing multiterminal switching circuits described in this paper is an improvement on Roginsky's work. A basic set of numbers characterihing the circuit states is defined and a method for designing series-parallel switching circuits is given. With the consideration of the sneaking circuits, the general set of numbers of circuit states and sneaking set of numbers of circuit states are defined. By using these sets of numbers, circuits can be further simplified, and it is even possible to obtain circuits of the bridge type.