

一种简易顺控器的设计及应用

庞卫子

(盐城工学院电气工程系,盐城,224003)

摘要 介绍一种由继电器组成的顺序控制器。它具有电路简单、使用方便、通用性强、无接点竞争等特点,能严格按照规定控制输出电路。还介绍了顺序控制器的输出逻辑特点和交直流输出电路的接线方式。

关键词 顺序控制 步序 逻辑 输入 输出 接点竞争

分类号 TM13

顺序控制器的种类很多,有电子式、继电器接触式等等。本文介绍的是一种用继电器组成的顺控器,它与常用的继电器接触式的顺控器相比,具有控制电路简单、没有接点竞争现象、可靠性高、用较少的继电器可实现较多的控制步序、使用简单,一般不需要对输出回路进行逻辑简化,只需将输出执行元件直接接到对应步序的输出控制端上即可。

一、控制电路的设计

我们知道,一个继电器有两种工作状态,一种是通电状态,用1表示;一种是失电状态,用0表示;而m个继电器最多可以有 2^m 种组合状态,其组合状态可以用m值二进制数表示,如 $m=3$,则有8种组合状态。如表1所示。

可见3只继电器可以产生8种输出状态,对应8个二进制数,可控制8个步进程序。但是按照表1的继电器组合方式控制电路,可能出现两个问题。

1、除继电器 K_3 在8个控制步序中只有一次通断(即在0~3步序中为失电状态,在4~7步序中为得电状态)外,其它两个继电器均为在8个步序中多次通断,使得控制电路中所用的接点数量增多,接线复杂,可靠性降低。

2、在步序的转换过程中存在接点竞争现象。例如表1中从第一步序到第二步序的转换时,继电器 K_2 要用常闭接点切断继电器 K_1 ,又要用常开接点自锁,产生了 K_1 由1变0, K_2 由0变1的转换过程,这样势必产生接点竞争。

用上述控制方式虽然可以使继电器得到最大限度的利用,但其控制电路复杂并有接点竞争现象,所以在用继电器组成的控制电路中很少采用。为了简化控制电路,顺序控制电路应采用每个继电器在整个控制过程中只有一次通断的控制方式,常用的控制方式如表2所示。这种控制方式每个步序只有一个继电器得电。它相当于取 $K_1 \sim K_3$ 的8种

表1

步序	继电器			最小项
	K_3	K_2	K_1	
0	0	0	0	m_0
1	0	0	1	m_1
2	0	1	0	m_2
3	0	1	1	m_3
4	1	0	0	m_4
5	1	0	1	m_5
6	1	1	0	m_6
7	1	1	1	m_7

组合方式中的4种,可产生4个步进程序,每个继电器在整个步序控制中也只有一次通断,具有控制线路简单的特点。但这种控制方式存在着接点竞争,可靠性较差,使用不当容易产生误动作。且使用的继电器数量相对步序来说,使用得比较多。

为了防止接点竞争,同时又尽可能地利用继电器的组合状态(即最小项),采用如表3所示的菱形结构(继电器为1态的图形象一个等边菱形)的继电器组合方式。这是一种较理想的控制方式。由表3可知:

1、每个继电器在整个步序中只有一次通断。例如继电器 K_2 在第2~4步序中得电,在其它步序中失电。

2、不象表1和表2那样存在着在步序转换时,后一个继电器由0变1,前一个继电器由1变0的转换方式,所以不会产生接点竞争现象。

3、在满足每个继电器在控制过程中只有一次通断的条件下,最大限度地利用了继电器的组合状态。表3中利用了8个最小项中的6个,因而这是一种理想的控制方式。

用上述菱形继电器组成的顺序控制器,可根据已知条件用固定的逻辑表达式画出其控制电路,其输出响应需要根据输出的执行元件的工作状态进行逻辑化简才能得出执行元件的控制电路。下面介绍笔者采用经验设计法设计的顺序控制电路,也同样符合表3的控制方式,应用在直流控制电路中时,比用逻辑表达式设计的电路简单以及使用方便等特点,不需进行逻辑化简计算,比较直观,其顺序控制电路如图1所示。

图1是以4个继电器为例组成的顺控电路,该电路设计的思路是采用对应步序输入接点先依次把继电器 $K_1 \sim K_4$ 接通得电,后再把 $K_1 \sim K_4$ 依次断开失电,这样可以得到8种不同继电器组合状态。为了保证 $K_1 \sim K_4$ 先依次接通,然后依次断开,电路应满足两条原则:一是前一个继电器得电后,后一个继电器才能失电。相应地对于第一个继电器 K_1 则应在 $K_1 \sim K_4$ 全部失电时才能起动, $K_1 \sim K_4$ 全部得电后才能断电,这样才能保证动作步序严格按次序进行。也就是说,当电路工作在第 i 步时,只有 $i+1$ 步的输入信号才能使步序转换其它输入信号,即使动作也不能使步序发生转换。

图1的工作原理如下:

按下起动按钮 SB_2 ,继电器 K_1 得电,输出口 P_1 被同时接通执行第一程序, K_1 (6)常开接点闭合,保证了 K_2 得电后只有在 K_1 失电后才能失电, K_1 (3)闭合除了使电路自锁外还为 K_2 得电作好准备,保

表2

步序	继电器			最小项
	K_3	K_2	K_1	
0	0	0	0	m_0
1	0	0	1	m_1
2	0	1	0	m_2
3	1	0	0	m_4

表3

步序	继电器			最小项
	K_3	K_2	K_1	
0	0	0	0	m_0
1	0	0	1	m_1
2	0	1	1	m_3
3	1	1	1	m_7
4	1	1	0	m_6
5	1	0	0	m_4

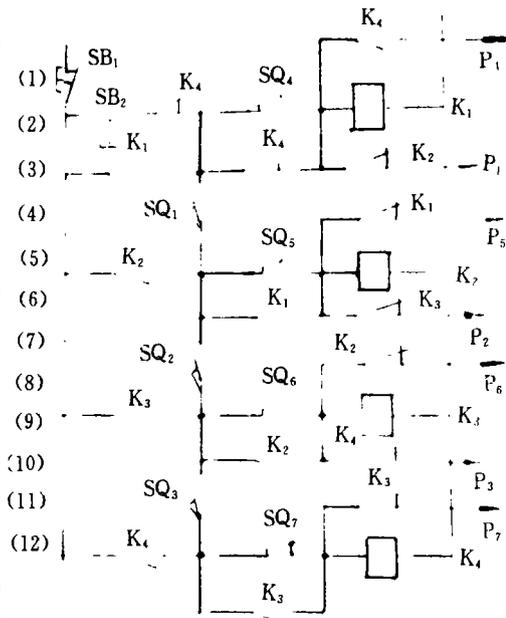


图1

证了只有在 K_1 得电后才能使 K_2 得电。

当行程开关 SQ_2 闭合时, K_2 得电, P_2 输出回路被接通执行第二程序, $K_2(6)$ 闭合自锁并为 K_3 得电作好准备, $K_2(9)$ 闭合保证了只有 K_2 断电后才能使 K_3 断电…… K_4 得电后 $K_4(a)$ 切除了第 3 程序 P_3 , K_4 闭合执行第 4 程序, $K_4(3)$ 断开为 K_1 失电作好准备。

行程开关 SQ_3 动作、切断 K_1 线圈、同时第 4 程序也被切除、 $K_1(4)$ 闭合、执行第 5 程序 P_5 , $K_1(6)$ 打开、为切除 K_2 做好准备……最后 SQ_8 打开、切除 K_4 、此时 $K_1 \sim K_4$ 全部失电、执行第 8 程序(停止程序), K_4 闭合、为起动作作好准备, K_4 闭合使 K_1 得电后, 保证在 $K_1 \sim K_4$ 全部得电后才能断电。图 1 是以 4 个继电器为例而设计的, 可执行 8 步程序, 也就是说这种顺序控制器电路的每个继电器可执行两步程序。那么 m 个继电器可执行 $2m$ 个程序, 即程序数 P 为继电器数 m 的 2 倍, 即 $P=2m$ 。显然 $2m$ 是个偶数, 如果其控制程序为奇数步 $2m-1$, 这时只需将最后一个继电器 K_m 的常闭输入接点断开或不用即可, 相应地最后一个输出程序也就不需要了。以图 1 为例, 如果只有 7 步输出程序, 则最后一个输入接点 SQ_8 不接入, 相应输出控制电路 P_7 也就不用了。实际上, 图 1 的控制程序可以在 8 步之内任意改变。调整的方法也十分简单, 如果输入常闭接点不使用, 只要不接入即可; 如果输入常开接点不使用, 也只要将其两端短路即可。未使用的输入端, 其对应的输出端也就不需要了。但是无论输入端用还是不用, 控制电路还是按照规定顺序依次动作的。

二、输出端执行元件的接线方式

1、直流输出回路接线方式

顺控器一个输出端执行一步程序。在实际控制中, 常有一个输出端控制若干个执行元件以及一个执行元件直接接到若干个输出端上, 就会使被连接的输出端相互连在一起产生干扰现象, 这是不行的。为了避免这种现象, 在直流控制回路中, 执行元件应通过二极管和所连接的输出控制端相接。

例如某一液压传动控制系统共有 7 个步序, 每一步序的执行元件状态表如表 4 所示。由表 4 可知, 执行元件电磁阀线圈 YA_1 在第 1 步序和第 2 步序都接通工作。因此, 线圈 YA_1 应串接二极管分别接在 P_1 端和 P_2 端, 以防止寄生回路。其具体接线如图 2 所示。由图可以看出, 直流输出的接线十分简单, 只要将执行元件对照输出控制状态表, 把执行元件接到对应的输出端即可, 如果一个执行元件在多个程序中工作, 则应串入二极管后再接到对应的输出端上。

2、交流输出回路接线方式

上述提及的直流控制电路, 其输入控制电路和输出控制电路为同一电压的直流电路, 这种形式在液压传动系统中广为使用。如果用于自动生产线中的三相交流负载控制是不行的, 对于交流输出回路可以用两种方式来实现。

上述采用菱形结构的控制电路, 它的输出响应有一定规律。对于一个由 m 只继电器组成的控制电路, 其第 i 步程序的输出响应逻辑表达式为

$$P_i = K_i \cdot \overline{K_{i+1}} \quad (1 \leq i \leq 2m) \tag{1}$$

由于程序数大于继电器数 m , 所以我们规定当 i 大于 m 时有:

$$K_i = \overline{K_{i-m}} \tag{2}$$

例如当 $m=4$ 时

$$K_5 = \overline{K_1} = \overline{K_1}$$

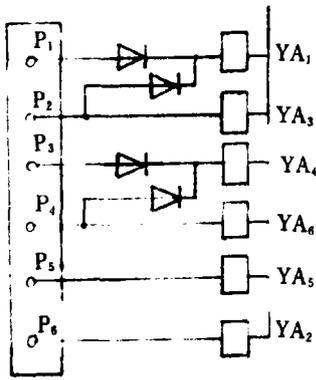


图2

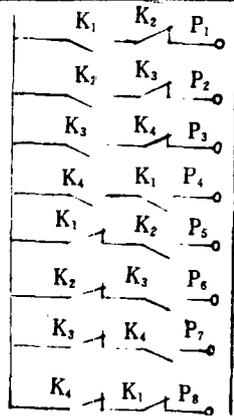


图3

表4

步序	电磁阀线圈					
	YA ₁	YA ₂	YA ₃	YA ₄	YA ₅	YA ₆
1	1					
2	1		1			
3				1		
4					1	1
5						1
6		1				
7						

由式(1)可知,无论继电器数量多少,第*i*步程序的输出逻辑表达式均由两个继电器的接点串接组成。由式(1)和式(2)写出图1顺序控制电路的输出逻辑表达式如表5所示。

由表5的逻辑表达式画出8步输出电路图,如图3所示。

图3输出电路可以用于交流电路,也可以用于直流电路。如用于直流电路,其输出电路中的接点还可进一步合并化简。一般第8步输出电路为停止程序,不接执行元件,但可以作为指示使用。用于交流输出电路有两种方法:一种是并列输出法,一种是逻辑化简输出法。下面仍以表4所示的输出状态表为例,说明交流输出电路的接线方式。

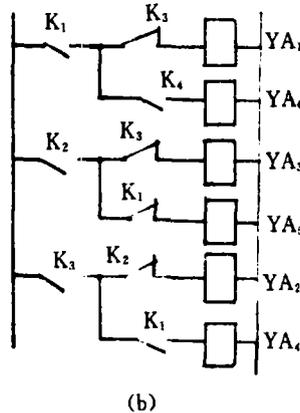
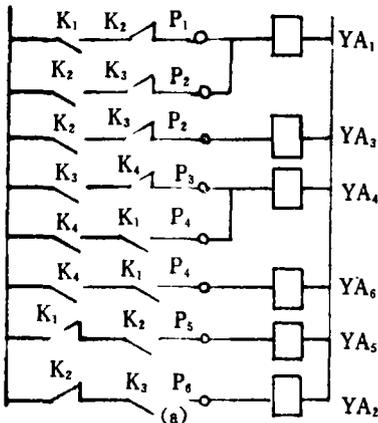


图4

表5

步序	输出逻辑表达式
1	$K_1 \cdot \overline{K_2}$
2	$K_2 \cdot \overline{K_3}$
3	$K_3 \cdot \overline{K_4}$
4	$K_4 K_1$
5	$\overline{K_1} K_2$
6	$\overline{K_2} K_3$
7	$\overline{K_3} K_4$
8	$K_1 K_4$

图4(a)为并行步序输出电路,这种输出电路的每一步序输出逻辑电路是固定的,可由式(1)(2)直接写出。这种输出接线方式的优点是接线比较直观,可以象直流输出电路一样,根据状态表直接接线,缺点是当一个步序的输出接有多个执行元件,则步序输出电路要有多条并列的输出电路,使用的接点数量多。图4(a)中的执行元件YA₁,在步序P₁和P₂中均工作,在程序P₂中YA₃也工作。为了防止YA₁接在P₁和P₂端产生寄生回路,所以P₂有两条输出电路。

为了减少接点数量,可采用逻辑化简法,对输出电路进行化简。化简的方法可采用逻辑代数、卡诺图和覆盖法等。图4(b)是经过逻辑化简后的输出电路,它的优点是使用的接点数量少,缺点是执行元件的接线不直观,需要逻辑化简后才能得出对应的输出电路。

(下转第26页)

$$R_5 = \frac{K+1}{K} \cdot \frac{(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3) R_6}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_4 + R_6} - \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \tag{24}$$

式中 R_4 按 $\frac{1}{2}T_M$ 满量程温度值确定。

三、采用微机设计电路参数(流程图略)

四、举例

按图 1 基本原理电路要求运算放大器输出电压灵敏度 $h=10mV/C$ ，试分别设计二种量程，即 $0\sim 200^{\circ}C$ 、 $0\sim 500^{\circ}C$ 的电路参数，并解算出每一温度量程范围内各有关温点 T_i 上的电压输出值及其误差，首先确定电路参数 $R_1=R_2=5.11\Omega$ ， $R_3=511\Omega$ ，其它参数按有关数学模型求解，经微机运算获得表 1、表 2 数据。

表 1 量程 $0\sim 200^{\circ}C$ ，灵敏度 $h=10mV/C$

$T(^{\circ}C)$	20	40	60	80	100	120	140	160	173	180	200
$V_o(T)(mV)$	200.134	400.257	600.358	800.427	1000.453	1200.425	1400.330	1600.158	1730	1799.898	1999.537
$hT(mV)$	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1730	1800	2000
$\delta V(T)(mV)$	0.134	0.257	0.358	0.427	0.453	0.425	0.330	0.158	0	-0.102	-0.463
$K=19.017, M=1780.35\Omega, T_0=100^{\circ}C, T_1=173^{\circ}C$ $R_3=103.9\Omega, R_5=669.9\Omega, R_6=43573.8\Omega, R_7=12378.8\Omega$											

表 2 量程 $0\sim 500^{\circ}C$ ，灵敏度 $h=10mV/C$

$T(^{\circ}C)$	50	100	150	200	250	252	300	350	400	450	500
$V_o(T)(mV)$	502.191	1004.213	1505.893	2007.051	2507.506	2527.507	3007.069	3505.547	4002.743	4498.453	4992.472
$hT(mV)$	500	1000	1500	2000	2500	2520	3000	3500	4000	4500	5000
$\delta V(T)(mV)$	2.191	4.213	5.893	7.051	7.056	7.507	7.069	5.547	2.743	-1.547	-7.528
$K=19.092, M=1780.353\Omega, T_0=252^{\circ}C, T_1=434^{\circ}C$ $R_3=103.9\Omega, R_5=723.0\Omega, R_6=43745.8\Omega, R_7=13803.2\Omega$											

测温仪表电路中电阻值参数配置对仪表的精度起着十分重要的作用，经试验证明，依本文所述方法设计的仪表精度较高，可靠性好。

参考文献

1 夏士智,叶林著.铂热电阻温度计的温度-频率转换.计量技术.1989

(上接第 13 页)

三、结束语

通过多次实验证实，简易顺序控制器具有使用方便、结构简单、通用性强、进行可靠等特点，可广泛用于自动化生产过程中。与可编程控制器相比具有造价低，没有抗干扰问题，不需编程，输出接点容量大，可直接驱动较大的负荷，有一定的实用价值。

参考文献

1 王维俭编.电力系统继电保护原理.清华大学出版社.1988
 2 刘顺禧,吴中俊编著.工厂电气控制技术.同济大学出版社.1989