

文章编号: 1005-0523(2002)04-0004-04

继电器接点控制线路中的竞争现象分析

郑晓芳¹, 倪 勇²

(华东交通大学 1. 教务处; 2. 电气与电子工程学院 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了在继电器控制线路设计中如何避免竞争现象的方法, 并分几种情况加以讨论.

关 键 词:继电器; 竞争

中图分类号: TM50

文献标识码: A

0 引 言

目前虽然 PLC 可编程控制器得到大量的使用, 但仍有许多机床及自动生产线采用传统的继电器控制线路. 一般控制线路设计采用经验法, 对大型较复杂的线路一般采用逻辑法. 影响继电器控制线路可靠性的一个主要因素是线路的竞争问题, 本文将从逻辑设计的角度出发, 讨论如何在逻辑设计中避免竞争问题.

1 竞争现象

为了叙述方便, 将检测元件称为一次元件, 由它开启和关闭的继电器称二次元件, 它们的接点信号分别称一、二次信号. 设计中经常涉及到指明各元件在工作循环中通断情况表称转换表, 将表中继电器开启得电对应的横线称为开启边界线, 关断对应的边界线称关断边界线, 并用黑粗线画出, 如表 1 所示. 控制线路处于两条相邻开关边界线所对应期间之内时, 所有继电器的状态稳定不变, 称为控制线路的一个稳定工作状态, 每个开关边界线上、下的两个稳态称为相邻稳态, 控制线路随着工作循环的进展经过一个稳态转换到另一个稳态. 从转换表的各条继电器开关边界线上都能找到成对的一次

和二次元件, 每对一、二次元件在其对应的那条开关边界线上一起发生状态转换. 由于开关时间的存在, 这些信号稳态取值的全部取定不是瞬间同时完成, 而是必然存在的一个逐次取定的过程, 称其为暂态期. 简言之, 在线路作相邻稳态转换时, 必然存在一个暂态期, 全部信号完成状态转换即全部取定了它们的稳态取值后, 暂态期结束, 一、二次元件进入新的稳态.

当控制线路的某一回路中存在两个一起发生状态变化的信号时, 即称该控制线路存在竞争现象. 这里的两个信号可以是一个一次信号和一个二次信号, 或两个都是二次信号. 以下只分析第一种情况, 因为通常遇到的情况均为第一种情况, 第二种情况可以完全仿照第一种情况进行分析, 由于篇幅所限故在此不进行分析.

考虑到在一个具有固定程序的控制过程中, 作为反映现场工作状态变更的检测元件即一次元件的状态变化必然是按一定顺序先后出现的, 因而可以认为在工作循环的任一时刻都不可能有二个一次信号一起发生状态变化. 据此假定二个一次信号之间没有竞争. 同时还考虑到继电器开关时间比现场工作状况的变更所需的时间短的多, 据此假定一、二次信号一起变化使线路转入新的稳态以后, 后一个一次信号的变化才会到来.

1.1 1型和0型竞争、临界竞争和非临界竞争

收稿日期: 2002-04-15

作者简介: 郑晓芳, 1968年生, 南昌人, 副教授.

中国期刊网 <http://www.cnki.net>

为设计一个可靠、经济、合理的继电器接点控制线路,需要采用布尔代数进行分析,假设逻辑变量 X_1, X_2 的取值用方括号按约定的顺序记入各个取值,那么线路存在竞争现象的基本特征可描述如下:在该线路的两个相邻稳态转换期即暂态期中一、二次信号可能有全 1[1, 1]、全 0[0, 0]、[0, 1]或 [1, 0]的取值组合. 将一、二次信号在暂态期有全 1 [1, 1]的取值组合称 1 型竞争;有全 0[0, 0]的取值组合称 0 型竞争;有 [0, 1]或 [1, 0]的取值组合称 01 型竞争和 10 竞争;当竞争现象致使控制线路出现永久性的误动作,控制线路出现并停留在某种背离控制要求的线路状态,这个竞争现象称为临界竞争,不致使控制线路出现永久性的误动作,这个竞争现象称为非临界竞争,通过对转换表的分析,可以发现实际上只有 1 型和 0 型竞争才会造成临界竞争,(由于篇幅所限不进行分析)故在设计中只要避免临界竞争就可避免线路的竞争问题.

1.2 几条推论

由于开关时间的存在,继电器元件发生状态转换(线圈从失电到得电,或反之)时,接点信号状态的转换有一定的次序关系,通常把先发生状态转换的接点信号称为导前信号,记为 X_q ,后发生状态转换的接点常开接点信号 $J(0 \rightarrow 1)$ 为迟后信号, $X_h = \overline{J}$. 同时根据布尔代数可得以下推论:

推论 1 若一次信号 X_1 和二次信号 X_2 都是导前或迟后信号,则不论两个信号是以“与”支路形式还是与“或”支路形式出现在控制线路中,它们都不会造成线路的临界竞争.

若用 $[X_1 \cdot X_2]_A, [X_1 + X_2]_A$ 表示考虑相应的与函数和或函数在 A 线相邻稳态转换时的输出的变化,那么可以得出以下两推论.

推论 2 若在某开关边界线 A 处的一次信号 X_1 和二次信号 X_2 之间存在 1 型竞争,那么“与”之路 $f = X_1 \cdot X_2$ 在 A 线相邻稳态转换的暂态期有一个短时置 1 信号输出,即 $[X_1 \cdot X_2]_A = [X_{1h} \cdot X_{2q}]_A \Rightarrow \overset{1}{0}$.

推论 3 若在某开关边界线 A 处的一次信号 X_1 和二次信号 X_2 之间存在 0 型竞争,那么“或”之路 $f = X_1 + X_2$ 在 A 线相邻稳态转换的暂态期有一个短时置 0 信号输出,即 $[X_1 + X_2]_A = [X_{1q} + X_{2h}]_A \Rightarrow \overset{0}{1}$.

1.3 发现竞争现象的方法

要在线路中避免出现竞争现象,首先要能发现

竞争现象,然后才能加以解决.

1) 造成继电器接点线路临界竞争的本质原因

继电器开启回路出现短时置 1 信号或关断回路出现短时置 0 信号是造成继电器接点线路临界竞争的本质原因. 当短时置 1 信号分别出现于继电器开关边界线或开启边界线上时,就可能造成继电器误开启或不能及时开启的临界竞争;在短时置 0 信号分别出现于继电器开关边界线内或关断边界线上时,就可能造成继电器误关断或不能及时关断的临界竞争. 根据以上分析可以找到发现临界竞争的方法.

2) 发现临界竞争方法的步骤

第一步:将继电器开关函数化为最简的形式.

第二步:找出存在短时置 1 信号的开启回路和存在短时置 0 信号关断回路.

a) 在转换表最后一栏记注每条开关边界线上相应的一、二次元件.(边界线在转换表中用黑粗线表示)

b) 检查开关函数或电路图,记下每一个存在一、二次信号的“与”的开启回路和存在一、二次信号的“或”的关断回路(用粗线划出).

c) 检查已找到的每一个“与”支路 $X_1 \cdot X_2$,在各相应开关边界上是否符合 $[X_{1h} \cdot X_{2q}]$ 的关系. 检查已找到的每一个“或”支路 $X_1 + X_2$,在各相应开关边界上是否符合 $[X_{1h} + X_{2q}]$ 的关系.

第三步:确定临界竞争的表现形式和必然出现的临界竞争时的各开关时间之间的关系.

1.4 举例

根据以上方法下面举一个例子来进行说明.

例 1:分析并发现进控制方式线路中可能存在临界竞争. 其转换表及线路图如表 1 及图 1 所示,开关函数如下:

$$f_{J1} = XK_1 \cdot QA + J_1 \cdot \overline{J_2}$$
$$f_{J2} = XK_2 \cdot J_1 + J_2 \cdot \overline{J_2}$$
$$f_{J3} = XK_3 \cdot J_2 + J_3 \cdot \overline{XK_1}$$

表 1 步进控制方式转换表

程度	QA	XK ₁	XK ₂	XK ₃	J ₁	J ₂	J ₃
0	0	1					J_1, QA
1	1	1			↓		$A: XK_2, J_1, J_2$
2	φ		1			↓	$B: XK_2, J_2, J_3$
3	φ			1			↓
0	0						

(其中 φ 表示检测元件的状态不定)

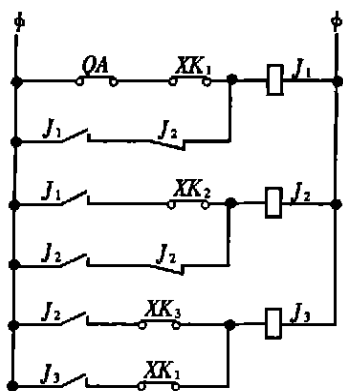


图1 步进控制线路

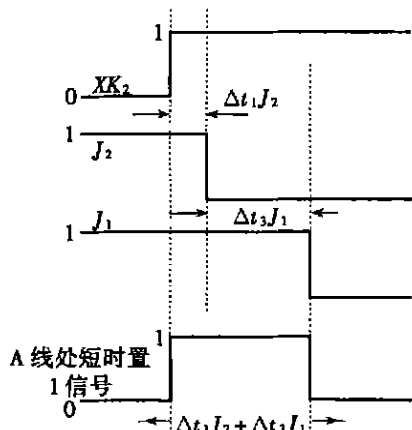


图2 短时置1的时间

第一步:因开关函数已是最简的标准形式,故不需化简。

第二步:找开启回路的短时置1信号和关断回路的短时置0信号。

a) 转换表最后一栏标出了各开关边界线上的一、二次元件。

b) J_2 :开启回路有 $XK_2 \cdot J_1$;关断回路没有一、二次信号。

J_3 :开启回路有 $XK_3 \cdot J_2$;关断回路没有一、二次信号。

c) J_2 :在 A 线处 XK_2 是一次元件; J_1 是被关断的二次元件,因此 $X_1 = XK_2 = X_{1h}$, $X_2 = J_1 = X_{2q}$ 。由于 XK_2 是通过开启 J_2 (中间元件)再去关断 J_1 的,故一、二次元件之间可按“开启”情况处理,有

$$[XK_2 \cdot J_1]_A = [X_{1h} \cdot X_{2q}]_A \Rightarrow 0$$

这个短时置1信号存在的时间可由图2得出为 $\nabla t_{1,J_2} + \nabla t_{3,J_1}$

其中 $\nabla t_{1,J_2}$ 为 J_2 开启的缓动时间, $\nabla t_{3,J_1}$ 为 J_1 释放的缓动时间,

J_3 :同理有 $[XK_3 \cdot J_2]_B \Rightarrow 1$, 且这个短时置1信号存在的时间为 $\nabla t_{1,J_2} + \nabla t_{3,J_2}$

第三步: A 线为 J_2 开启边界线,故可能发生 J_2 不能及时开启的临界竞争;必然发生临界竞争的必然条件是

$$\nabla t_{1,J_2} + \nabla t_{3,J_1} < \nabla t_{1,J_2} + \nabla t_{2,J_1} \quad \text{其中 } \nabla t_{2,J_2} \text{ 为 } J_2 \text{ 行程时间}$$

$$\text{即} \quad \nabla t_{3,J_1} < \nabla t_{2,J_2}$$

同理, J_3 可能发生不能及时开启的临界竞争;必然发生临界竞争的必然条件是

$$\nabla t_{3,J_2} < \nabla t_{2,J_3}$$

假如线路中采用同类型继电器,则上述条件即为 $\nabla t_{3,J} < \nabla t_{2,J}$

2 消除临界竞争的方法

临界竞争和非临界竞争是同一线路可能产生的两种不同的工作状态,也就是说是一事物矛盾的两个不同侧面的表现。因而在一定条件下是可以互相转化的。创造一定的条件使临界竞争转化为非临界竞争是消除临界竞争的方法的基本出发点。问题的关键是要掌握线路中存在的临界竞争的表现形式,然后有针对性地创造转条件;针对不能及时开启和关断的临界竞争,应设法延长相应的短时的置1或置0信号;对于误开启和误关断的临界竞争则应设法缩短乃至消除相应的短时的置1或置0信号。根据以上原则可得出以下具体的方法。

2.1 有目的地采取措施限定开关时间之间的相互关系,以保证线路只出现非临界竞争而不出现临界竞争

1) 合理选择继电器型号

以例1为例,已经知道这个线路可能存在继电器不能及时开启的临界竞争,要消除这个临界竞争,可以做以下一些分析;例如对 J_2 只要满足条件 $\nabla t_{3,J_1} > \nabla t_{2,J_2}$;假如 J_1 和 J_2 是同类型的继电器,则条件变为 $\nabla t_{3,J} > \nabla t_{2,J}$ 。这说明为消除这种类型的邻界竞争,应该选择那种释断缓动时间 ∇t_3 比开启行程时间长 ∇t_2 的继电器。这个方法的优点是适合于消除各种表现形式的邻界竞争,并且无需要改线路的结构。

2) 延时措施

在实际工作中也可采用某些措施以达到使直

流继电器延时关断的目的,具体的措施在文献[3]有论述.

2.2 利用标志继电器进入稳态的迟后信号以消除临界竞争

当线路存在不能及时开启或及时关断继电器的临界竞争时,可利用该继电器的迟后信号作为引起竞争的一、二次元件的中间信号,以延长短时置0或置1信号来消除上述形式的临界竞争.下面以例1为例进行说明.表2为重画的转换表.

表2 改进后转换表									
程序	Q_A	XK_1	XK_2	XK_3	J_1	J_2	J_2'	J_3	J_3'
0		1							
1	1 ϕ	1			↓				
2	ϕ		1			↓	↓		
3	ϕ							↓	↓
0	1	1							

表中所添 J_2' 、 J_3' 是分别消除 J_2 、 J_3 不能及时开启的临界竞争而设置的.这里, J_2 开启的迟后信号为 J_2 ($J_2=1$ 标志 J_2 进入开启后的稳态);但 J_2 不能直接关断 J_1 .因而添设 J_2' , $f_{J_2'} = J_2$, 于是 J_2' 的导前信号 $\overline{J_2'}$ 即标志 J_2 进入开启后的新稳态,又能关断 J_1 .同理设置了 J_3' , $f_{J_3'} = J_3$, 于是,开关函数如下式所示:

$$f_{J_1} = XK_1 \cdot Q_A + J_1 \cdot \overline{J_2'}$$
$$f_{J_2} = XK_2 \cdot J_1 + J_2 \cdot \overline{J_3'}$$
$$f_{J_2'} = J_2,$$
$$f_{J_3} = XK_3 \cdot J_2 + J_3 \cdot \overline{XK_1}$$

Analysis of Competition Phenomenon for Relay Control Circuitry

ZHENG Xiao-fang¹, NI Yong²

(1. Academic Administration; 2. School of Electrical and Information Eng., East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013, China)

Abstract: The design of avoidance competition phenomenon for relay control circuitry is introduced and the several cases about them are discussed in this paper.

Key words: relay; competition

$$f_{J_3'} = J_3,$$

通过这样处理后即可消除线路中的临界竞争.

2.3 将原线路中的一、二次元件的“关断情况”改为“开启情况”,以消除原来由于“关断情况”下可能有 $[X_{1h} + X_{2q}]_A \Rightarrow_0^1$ 造成的误关断继电器临界竞争

显然,这时临界竞争得以消除的原因是:经改变后,在相同的边界线 A 上,将有“开启情况”下 $[X_{1h} + X_{2q}] \Rightarrow$ 恒 1. 由于篇幅所限不再举例说明.

2.4 改变继电器的设置方式以消除临界竞争

在不影响原设计线路的逻辑功能的前提下,亦可改变继电器的设置方式以消除临界竞争.只要在更改设置时使重新设置的继电器经过原继电器的全部开关边界线,即可保证原设计线路的逻辑功能不变.由于篇幅所限不再举例说明.

3 结束语

以上是逻辑设计中当出现临界竞争消除临界竞争的一些方法,按这些方法进行处理,在实际应用中取得了良好的效果.本文介绍的方法主要适用于具有固定程序的控制系统设计,对于输入信号具有随机性质的控制系统来说,由于不能使用转换表,相应的方法就不在适用.

参考文献:

[1] 张 用.继电器电路逻辑设计[M].天津:天津科学技术出版,1989.

[2] 李桂和.电器及其控制[M].重庆:重庆大学出版社,1993.

[3] 张冠生.电器理论基础[M].北京:机械工业出版社,1989.