

继电时序电路中 RC(电阻-电容)电路的作用

晏子峰^{1,2} 叶云龙^{1,2} 杨卫东^{1,2}

(1. 上海轨道交通无人驾驶列控系统工程技术研究中心,200071,上海;
2. 卡斯柯信号有限公司,200071,上海 // 第一作者,高级工程师)

摘 要 分析了计算机联锁系统继电器电路中电阻-电容电路的特点,阐述了几种典型继电器电路中电阻-电容电路的作用。通过增加电阻-电容电路,可使继电器延时落下。通过选取合适大小的电容和电阻值,可以满足继电器电路对时序的要求。电阻-电容电路在增加继电器缓放时间的同时,对电路稳定性也存在一定的影响,需从继电器常态等其他因素综合考虑电路的整体结构。

关键词 计算机联锁系统;继电时序电路;RC(电阻-电容)电路;冲击电流

中图分类号 TM133

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.04.021

Function of RC Circuit in Relay Sequential Circuit

YAN Zifeng, YE Yunlong, YANG Weidong

Abstract The characteristics of RC circuit in relay circuit of computer interlocking system is analyzed. Function of RC circuit in several typical relay circuits is expounded. By adding RC circuit, the fall of relay circuit can be delayed. By choosing appropriate value of voltage and resistance, requirement of relay sequential circuit can be satisfied. While increasing the delay time of the relay, RC circuit also exerts certain impact on the circuit stability. The overall structure of circuit must be considered with other factors such as relay standard status.

Key words computer interlocking system; relay sequential circuit; RC (resistor-capacitor) circuit; inrush current

First-author's address Shanghai Engineering Research Center of Driverless Train Control of Urban Guided Transport, 200071, Shanghai, China

我国城市轨道交通车站的计算机联锁系统多采用继电器电路来驱动室外设备。继电器电路通过改变继电器的铁心结构,使继电器具备一定的缓吸和缓放特性,且该缓吸和缓放时间一般在 1 s 以内。对于特定的继电器电路来说,该延时的时间太短,不能满足继电器电路的时序要求。这就需要在

继电器线圈两端并联 RC(电阻-电容)电路来延长继电器的缓放时间。

1 继电器电路中的 RC 电路

计算机联锁系统的继电器电路并联的 RC 电路是由 1 个电容器和 1 个电阻器组成的一阶 RC 串联电路。略去 QDJ(切断继电器)电路串接的相关接点,得到典型的 RC 电路如图 1 所示。图中,C 为电容,R 为电阻,KZ 表示控正,KF 表示控负。

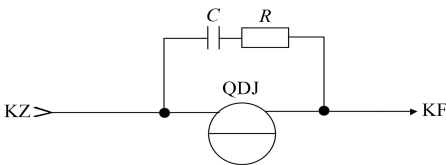


图 1 QDJ 的 RC 电路原理图

RC 电路的特点:由于有电容存在,所以不能流过直流电流;电阻和电容都对电流存在阻碍作用;总阻抗由电阻和容抗确定,且总阻抗随电流频率变化而变化。

RC 电路的主要作用:

- 1) 吸收回路。在电路关断的瞬间,感性负载(继电器线圈)会产生 1 个自感电动势,对外界释放磁场储能;RC 电路作为吸收回路,可将这部分能量以热能的方式消耗掉。
- 2) 延时电路。这也是继电器电路中使用 RC 电路的主要目的。RC 电路通过放电来实现延时。延时时间可通过调整电容或电阻的大小来调整。

一阶 RC 电路的零输入响应计算式如下:

$$u_{R+r} = U_0 \times e^{-\frac{t}{(R+R_r) \cdot C}} \tag{1}$$

式中:

U_{R+r} ——RC 电路中电阻与继电器线圈两端的电压;
 U_0 ——电路初始电压;

t ——RC 电路的缓放时间;

R_r ——继电器线圈电阻;

C ——RC 电路的电容。

当继电器线圈的电压为 U_r 时,继电器线圈电流为:

$$I_r = U_r / R_r = U_{R+r} / (R + R_r) \quad (2)$$

以图 1 中的 QDJ 电路为例,计算该 RC 电路的 t 。

QDJ 为 JWXC-1700 无极继电器,其 $R = 850 \Omega$ 。根据 GB/T 7417—2010《铁路信号 AX 系列继电器》的定义,此型号继电器落下时的线圈电压 $U_r = 3.4 \text{ V}$ ^[1]。QDJ 的落下时间就是 QDJ 线圈上的电压从 24.0 V 降为 3.4 V 时的时间,故 $U_0 = 24.0 \text{ V}$ 。当 $R = 51 \Omega$, $C = 1\,000 \mu\text{F}$ 时,由式(1)及式(2)计算可得,该 RC 电路 $t = 1.7 \text{ s}$ 。

根据时序要求,应通过选择 R 和 C 来确定 QDJ 要吸起的时间。

2 典型继电器中 RC 电路的作用

2.1 QDJ 中 RC 电路作用

在联锁系统交流道岔控制电路中的多机牵引切断保护电路中, QDJ 线圈两端的并联 RC 支路的作用有两个:①当多机牵引道岔刚启动时,如 QDJ 可靠吸起,则可确认每个牵引点的转辙机正常工作;②当道岔刚启动时,如有个别牵引点的转辙机发生故障,则 QDJ 及时落下;因每个牵引点的 DQJ1 (1[#]道岔启动继电器) 自闭电路中都串入了 QDJ 的前接点,故可通过切断所有牵引点的动作电路,来防止尖轨被正常工作的转辙机拉弯,从而起到了保护尖轨的作用。

当联锁系统发出道岔转换动作指令时,各个牵引点的 DQJ1 错峰吸起, BHJ (保护继电器) 也依次吸起;当所有牵引点的 BHJ 吸起后, ZBHJ (总保护继电器) 吸起。从第一个开始动作的牵引点 BHJ 吸起到 ZBHJ 吸起的这段时间里, QDJ 通过线圈两端并联的电容放电来保持吸起。当 ZBHJ 吸起后, QDJ 通过 ZBHJ 的前接点继续吸起,用 QDJ 前接点来构成各牵引点 DQJ1 线圈的自闭电路。

该电路电容大小选用的原则是,电容放电时间需大于第一个开始动作的牵引点 BHJ 吸起到 ZBHJ 吸起的时间差。多机牵引道岔每个牵引点间的错峰动作时间为 0.1 s ,因此,两机牵引和三机牵引的道岔电容从开始放电到 QDJ 落下的时间应控制在 1

s 以内,超过三机牵引的道岔电容从开始放电到 QDJ 落下的时间应控制在 2 s 以内。这对于切断保护电路的时序是比较合理的,既能满足电路正常动作时序,又能在电路发生故障时起到切断保护的作用。

经计算,两机牵引和三机牵引的道岔电容容量选 $500 \mu\text{F}$,超过三机牵引的道岔电容容量选 $1\,000 \mu\text{F}$ 。

2.2 接码继电器中的 RC 电路作用

在 25 Hz 相敏轨道电路叠加电码化电路^[2]中,正向接车进路电码化中的 JMJ (接码继电器) 为 JWXC-1700 无极继电器,其动作原理如图 2 所示。首先,当 LXJ (列车信号继电器) 吸起、ZXJ (正线信号继电器) 吸起后, JMJ 励磁吸起;随后,列车依次通过道岔区段轨道继电器 DGJ1、DGJ3 和 DGJ5。因无极继电器无延缓落下性能,故在列车通过时一旦出现轻车跳动情况, JMJ 就会短暂落下,从而导致发送器到室外的发码通道断开,使机车信号收不到码,出现掉码故障。

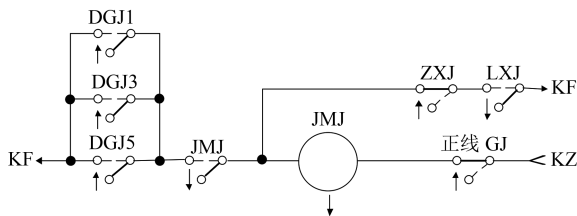


图 2 正向接车进路 JMJ 原理图

常规缓放继电器断电后的缓放时间在 1 s 以内,无法满足 JMJ 电路要求。为此,在 JMJ 线圈两端并联 RC 支路(如图 3 所示),使 JMJ 缓放时间达到 $2 \sim 3 \text{ s}$ 。这样,列车在依次通过 DGJ1、DGJ3 和 DGJ5 的过程中,即使出现轻车跳动情况, JMJ 仍能够稳定吸起,保证机车信号不出现掉码故障。

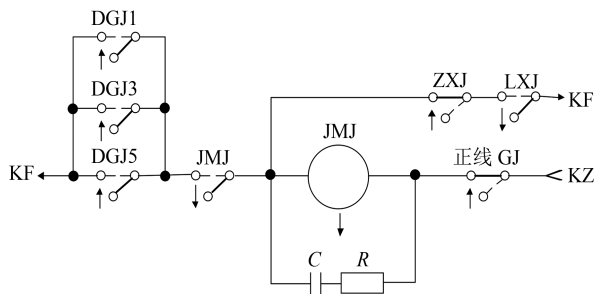


图 3 正向接车进路 JMJ 改进原理图

2.3 在道岔启动继电器电路中 RC 电路的负面作用

在交流道岔控制电路中, DQJ1 自闭电路中增

设了时间继电器 TJ。当道岔在规定的时间内动作到位时,TJ 只计时不吸起;当道岔在规定的时间内无法动作到位时,TJ 计时并吸起,以切断 DQJ1 的自闭电路,使 DQJ1 落下道岔停止动作^[3]。

如图 4 所示,计算机联锁系统检查道岔动作条件满足后,DQJ1 通过 3-4 线圈得电吸起,TJ 在 BHJ 吸起后开始计时。若道岔在设定的时间(13 s 或 30 s)未转换到位,则 TJ 吸起并用其后接点切断 DQJ1 的 1-2 线圈自闭电路,使 DQJ1 落下,切断电动机电路,从而使转辙机停止转动,起到超时保护的作用。

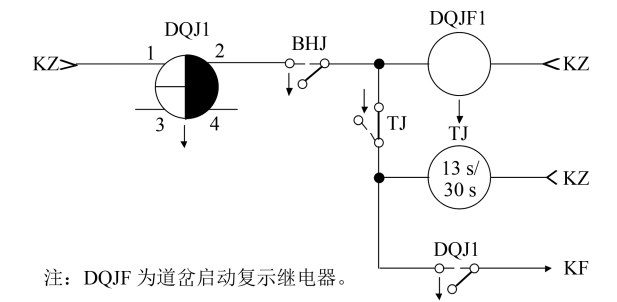


图 4 DQJ1 自闭电路中增设 TJ 原理图

TJ 中的局部计时电路如图 5 所示。当 DQJ1 吸起时,通过接点 62 和接点 73,以 24 V 电压为电容 C1 充电。

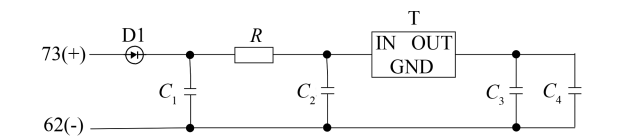


图 5 TJ 计时电路原理图

在 DQJ1 的自闭电路中串接 TJ 的后接点时,道岔动作计时的过程也是 TJ 中电容 C₁ 充电的过程。在充电电路接通瞬间用示波器测试可得,DQJ1 前接点闭合时通过接点的冲击电流峰值为 6 A。该冲击电流持续时间虽然非常短,但电流值超过了 DQJ1 普通接点承受的最大电流值(1 A)。而且,每次道岔动作,TJ 内电容的充放电都会对 DQJ1 的该组接点造成冲击。当通过继电器接点的电流超过接点的耐流值时,每次电流通过接点都对接点上的金属材质产生熔化过程。经过多次冲刷熔化后,接点表面粗糙不平,前接点和中接点接触时的接触电阻

逐渐发生变化。对于道岔动作频繁的车站,继电器接点长期工作在此工况下,接点阻值逐渐增大,阻值超标的概率也会增大,严重时会出现 DQJ1 自闭电路异常,进而导致道岔因故中途停止转换。

为了避免这类问题,可使用带限时保护功能的 DBQ(道岔断相保护器)。DBQ 可以替代 DQJ1 自闭电路中的 TJ(如图 6 所示),DQJ1 的 1-2 线圈自闭电路只串接 BHJ 的接点。当 DQJ1 吸起并转入自闭电路、道岔开始动作后,DBQ 内的计时器开始计时。若道岔在设定的时间(13 s 或 30 s)内未转换到位,则 DBQ 停止直流电压输出并控制 BHJ 落下,使 BHJ 前接点切断 DQJ1 的自闭电路,使 DQJ1 落下,进而切断电动机电路,以防止电动机因长时间运行而烧毁。

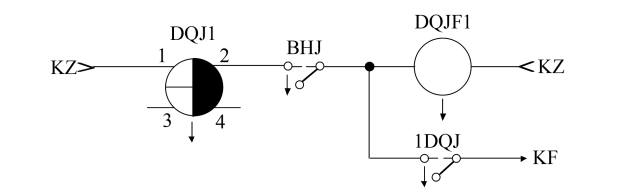


图 6 1DQJ 自闭电路中拆除 TJ 原理图

3 结语

从 RC 电路的作用可知,RC 电路是继电器电路中不可或缺的一部分。通过增加 RC 电路,可使继电器延时落下。通过选取合适大小的电容和电阻值,可以满足继电器电路对时序的要求。RC 电路在充放电的过程中产生的冲击电流,会损耗继电器接点,有负面作用。因此,需要从继电器常态等其他因素综合考虑电路的整体结构。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 铁路信号 AX 系列继电器:GB/T 7417—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010.

[2] 安海君. 25 Hz 相敏轨道电路[M]. 北京:中国铁道出版社,2018.

[3] 中国铁路总公司. 高速铁路道岔转换系统[M]. 北京:中国铁道出版社,2014.

(收稿日期:2020-10-09)

《城市轨道交通研究》欢迎投稿

投稿网址:tougao.umat1998.com