

基于车车通信的道岔逻辑控制电路的应用研究

王维奇

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安//正高级工程师)

摘要 从基于车车通信的列车控制道岔原理和功率放大器工作原理等方面详细阐述了道岔逻辑控制电路的工作原理。以 ZDJ-9 型五线制交流转辙机为例, 分析了道岔逻辑控制电路的节点动作, 阐明了五线制道岔编码原则, 并说明了列车控制道岔安全防护距离的设置原理及计算方法。

关键词 城市轨道交通; 车车通信; 道岔逻辑控制电路

中图分类号 U284.72

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2021.12.040

Application Research of Turnout Logic Control Circuit Based on Vehicle-to-Vehicle Communication

WANG Weiqi

Abstract Based on vehicle-to-vehicle communication, the working principle of turnout logic control circuit is expounded from the aspects of train control turnout principle and power amplifier working principle. Taking the ZDJ-9 type five wire AC switch machine as an example, the node action of turnout logic control circuit is analyzed, and the five wire turnout coding principle is elaborated. The setting principle and calculation method of train control turnout safety distance is explained.

Key words urban rail transit; vehicle-to-vehicle communication; turnout logic control circuit

Author's address China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 710043, Xi'an, China

目前, CBTC(基于通信的列车控制)信号系统虽在节约成本、减少维修量、提高运行效率及节能等方面已趋于完善,但其效率和故障率却仍无法满足现代城市轨道交通的需求。卡斯柯信号有限公司自主研发的基于车车通信的列车控制系统采用自动化的控制方式,具有更高的效率和更低的故障率。其已于 2020 年 6 月 28 日在上海轨道交通 3、4 号线上进行无人驾驶测试验证,并通过专家评审,得到了专家评委们的一致高度评价。

在基于车车通信的列车控制系统中,道岔逻辑控制电路能高效精确地控制道岔操作^[1],可取代传

统的继电器控制道岔电路。其优点为:①道岔逻辑控制电路成本低。②道岔逻辑控制电路故障率低,不会因机械故障而影响设备正常工作。③道岔逻辑控制电路生产方便,工作稳定,受外界影响小。④道岔逻辑控制电路能实现转辙机电路故障定位。

1 道岔逻辑控制电路的工作原理

1.1 列车控制道岔原理

道岔逻辑控制电路主要通过逻辑运算单元和功率放大器来完成道岔控制。列车把控制编码命令发送给控制器,再由控制器将五线制的电压状态通过逻辑运算单元发送给列车。

列车控制道岔技术是将对轨旁道岔的控制由传统电路的联锁驱动及采集移植到车载控制子系统中。车载控制子系统通过网络方式向轨旁控制器发送道岔的控制命令码;轨旁控制器通过获取列车的控制信息来控制道岔动作。列车控制道岔的数据流见图 1。

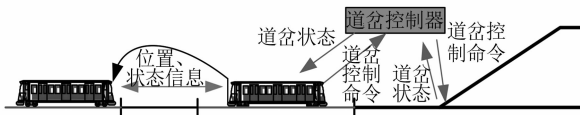


图 1 列车控制道岔数据流

Fig. 1 Train control turnout data flow

1.2 功率放大器工作原理及计算

如图 2 所示:2 组电源正极电压 V_{CC} 和负极电压 V_{EE} 相等,电容 C_1 和 C_2 分别为输入耦合电容和输出耦合电容。电阻 R_1 使运算放大器(以下简称“运放”)同相输入端形成直流通路,内部的差分管得到必要的输入偏置电流。电阻 R_F 引入直流和交流负反馈。由于电容 C 把直流电隔断,故使直流形成全反馈;而交流电通过电阻 R 和电容 C 分流,形成交流部分反馈,为电压串联负反馈。引入直流全反馈和交流部分负反馈后,可在交流电压增益较大时,仍能使直流电压增益很小,从而避免输入失调电流造成运放的饱和^[2]。

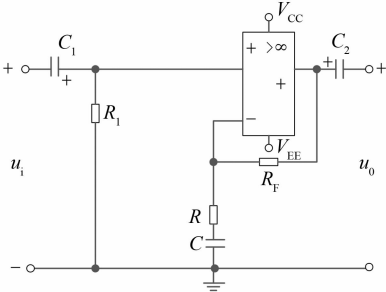


图 2 功率放大器原理

Fig. 2 Principle of power amplifier

当输入信号为 0 时,运放输出端 $V_0 \approx 0$,交流放大电路的输出电压 $U_0 = 0$ 。当输入信号为 1 时,输入交流信号,电压 V_0 在 $V_{EE} \sim V_{CC}$ 之间变化,通过 C_2 输出放大的交流信号,输出端电压 U_0 的幅值近似为电压值 V_{CC} ($V_{CC} = V_{EE}$)。引入深度电压串联负反馈后,放大电路的电压增益 $A_U = U_0/U_i \approx 1 + R_f/R_i$;放大电路输入电阻 $R_i = R_i/R_{if}$ 。其中, R_{if} 是运放引入串联负反馈后的闭环输入电阻。 R_{if} 很大,所以 $R_i = R_i/R_{if}$;放大电路的输出电阻 $R_0 = R_{of} \approx 0$,其中 R_{of} 是运放引入电压负反馈后的闭环输出电阻, R_{of} 很小^[4]。

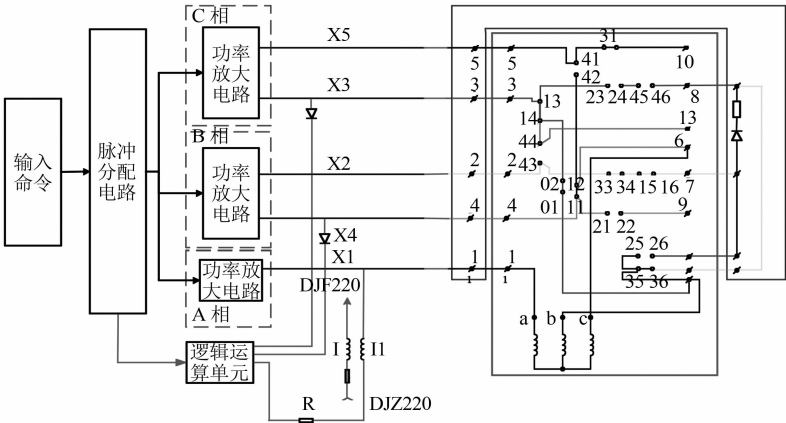


图 3 ZDJ-9 型转辙机道岔控制电路图

Fig. 3 Turnout control circuit diagram of ZDJ-9 type switch machine

2.2 五线制道岔编码原则

列车通过车载控制器(CC)给道岔控制器发送进路中道岔的信息;道岔控制器将道岔信息解析成二进制编码,发送给脉冲分配电路;脉冲分配电路将每位编码分配给 X1、X2、X3、X4 及 X5 电路的功率放大电路。因 X1 为 A 相线,是共用电路,故其编码始终为 1。B 相线和 C 相线是驱动电路。当反操道岔时,C 相线给电机的 C 相绕组供电,B 相线给电机的 B 相绕组供电;当定操道岔时,要改变相序,C 相线给电机 B 相绕组供电,B 相线给电机 C 相绕组供电。

2 道岔逻辑控制电路的设计

本文针对城市轨道交通常用的 ZDJ-9 型五线制交流转辙机进行分析。

2.1 道岔控制电路的节点动作

ZDJ-9 型转辙机的道岔控制电路如图 3 所示。保持其内部结构不变,按照其接点动作顺序进行编码。

定位-反位: X1、X3 和 X4 电路分别编码为 1, X5 和 X2 分别编码为 0,转辙机 11-12 接点和 13-14 接点闭合;

反位-定位: X1、X2 和 X5 电路分别编码为 1, X4 和 X3 分别编码为 0,转辙机接点闭合(41-42)、(43-44)。

反位操道岔前,节点状态为 1、3 接点闭合,2、4 接点断开;完成操纵道岔后,节点状态变成 1、3 接点断开,2、4 接点闭合。

定位操道岔前,节点状态为 1、3 接点断开,2、4 接点闭合;完成操纵道岔后,节点状态变成 1、3 接点闭合,2、4 接点断开。

如表 1 所示,将 X1-X5 分别按从低位到高位进

表 1 道岔控制表示的编码原则

Tab. 1 Coding principle of turnout control indication

电路	编码	
	定位-反位	反位-定位
X5	0	1
X4	1	0
X3	1	0
X2	0	1
X1	1	1

行编码,并用 6 位二进制数字进行编码(首位为 0),可得:定位-反位编码为 001101,反位-定位编码为 010011。如果控制器解析出的编码不是这两者之一,则可判断控制器或车载系统发生了故障。

2.3 定表和反表的电路分析

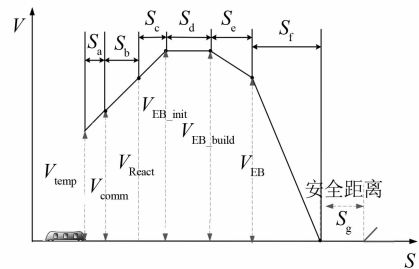
给 X1 电路上接入 DJZ 220 V(道岔表示 AC 220 V 正电源)电压的次级线圈。在定位时,转辙机第 1、3 接点闭合,向 X4 电路的二极管正电压端输出 DJZ 220 V 的电,二极管导通,送电给逻辑运算单元,另外一端的 DJF 220 V(道岔表示 AC 220 V 负电源)电则直接输出给逻辑运算单元;而 X3 电路的 DJZ 无法送 220 V 电到二极管,导致二极管截止,运算逻辑单元无法收到 X3 上送过来的 DJZ 所发 220 V 电。由此可以确定 FBJ(反位表示继电器)码位为 0,逻辑运算单元据此分别计算定表和反表的状态并发送给列车。同理,当道岔为反位时,转辙机第 2、4 接点闭合,给 X3 的二极管正电压端输送 DJZ 的 220 V 电,二极管导通送给逻辑运算单元,另外一端的 DJF 220 V 电将直接送给逻辑运算单元,X4 的 DJZ 220 V 电无法送到二极管,导致二极管截止,运算逻辑单元无法收到 X4 电路的送电。由此可以确定,DBJ(定位表示继电器)码位为 0,逻辑运算单元将相应的定表和反表的状态发送给列车。

3 列车控制道岔的安全防护

根据联锁技术条件限制,当道岔区段上有车时,道岔不能转换。所以,道岔从开始转换到转换完毕且锁闭给出正确的定反表状态前,列车均不能进入道岔区段。

按照上述技术条件分析可知^[5]:只有列车在一定的安全防护距离之外,才会请求道岔的控制和锁闭;在安全防护距离之内,列车不再请求道岔的控制。列车与道岔间的安全防护距离应考虑列车的车辆参数性能、坡度及列车当前的速度,经实时计算得出。列车的速度-距离防护曲线如图 4 所示。

在列车运行的进路内,考虑最大坡度、最大列车运行速度、车辆的制动特性、钢轨的黏着系数及车辆的其他特性参数,计算列车的 EOA(行车授权终点)。在图 4 中,由于在道岔转换的过程中,直到锁闭前,列车不能进入道岔内,因此还要考虑道岔转换时间内列车所运行的最大距离 S_z 。故列车与道岔间的最小安全防护距离 S_{EOA} 为:



注: S_a 为列车与道岔建立通信的延迟时间内列车所行走的距离; S_b 为列车 ATP(列车自动防护)天线的反应时间内列车运行的距离; S_c 为列车发送 EB(紧急制动)命令到制动响应前延时列车所行走的距离; S_d 为切除牵引,列车惰行的距离; S_e 为 EB 建立延时间内列车行走的距离; S_f 为从施加 EB 直到列车的速度为 0 时的列车行走距离; S_g 为列车停车点到前方的道岔之间的安全防护距离; V_{temp} 为列车未收到制动命令即通信建立前当前行驶的速度; V_{comm} 为建立通信即列车收到紧急制动命令时刻的列车运行速度; V_{React} 为列车收到紧急制动命令后反应出需要施加紧急制动时刻的列车运行速度; V_{EB_init} 为紧急制动命令初始化即切除牵引时的列车运行速度; V_{EB_build} 为列车切除牵引后列车开始紧急制动时列车的运行速度; V_{EB} 为列车完全施加紧急制动时的列车运行速度,直到列车制动,速度为 0 停车。

图 4 列车的速度-距离防护曲线^[1]

Fig. 4 Velocity-distance protection curve of train

$$S_{EOA} = S_a + S_b + S_c + S_d + S_e + S_f + S_g + S_z + S_{resp} \quad (1)$$

其中,

$$S_z = v_{max} t_{max}$$

式中:

S_{resp} ——轨旁控制器将道岔状态信息反馈给车载子系统所需时间内的列车运行距离;

t_{max} ——最大道岔转换时间,按 ZDJ-9 型转辙机取 13 s;

v_{max} ——列车在该进路内的最大限速。

4 结语

本文主要分析了基于车车通信的道岔逻辑电路如何实现高效控制道岔动作,阐述了列车控制道岔的安全防护距离设置原理及计算方法,可保证列车能够在道岔锁闭前安全地申请操控道岔。

参考文献

- [1] 徐记康,贾森,许琰. 基于车车通信的新型 CBTC 系统中的道岔控制功能研究[J]. 铁路通信信号工程技术(RSCE),2017(3):47.
- XU Jikang, JIA Sen, XU Yan. Switch control function of new CBTC system developed based on train-train communication[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2017(3):47.

(下转第 199 页)