

合肥轨道交通 1、2 号线 ATO 模式下列车牵引和制动控制电路的优化

杨帅帅

(合肥市轨道交通集团有限公司, 230601, 合肥//工程师)

摘 要 为了减少城市轨道交通列车 ATO(列车自动运行)控制系统的故障概率,合肥轨道交通 1、2 号线列车 ATO 模式下的牵引和制动控制电路在车辆侧和信号侧均进行了冗余设计。通过深入分析发现,控制电路冗余设计在接口上存在一定缺陷,导致牵引和制动控制电路发生故障概率增加 1 倍,且缩短了 AMTDR(牵引指令继电器)、AMBDL(制动指令继电器)的使用寿命。针对此问题,提出了 2 个 AMTDR、AMBDL 得电逻辑的设计优化方案。

关键词 城市轨道交通;列车;牵引和控制电路;优化设计中图分类号 U231.6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.07.033

Optimization of Traction and Braking Control Circuit in Hefei Rail Transit Line 1 and Line 2 under ATO Mode

YANG Shuaishuai

Abstract In order to reduce the failure probability of ATO (Automatic Train Operation) control system of urban rail transit train, traction and braking control circuits of Hefei Metro Line 1 and Line 2 in ATO mode are designed with redundancy on both vehicle sides and signaling sides. Through in-depth analysis, it is found that the control circuit redundancy design has some defects in the interface, which leads to doubled fault probability of traction and braking control circuits, shortening the service life of AMTDR (traction instruction relay) and AMBDL (braking instruction relay). To solve this issue, two technical schemes to optimize the power generation logic of AMTDR and AMBDL are proposed.

Key words urban rail transit; train; traction and control circuit; optimization design

Author's address Hefei Rail Transit Group Co., Ltd., 230601, Hefei, China

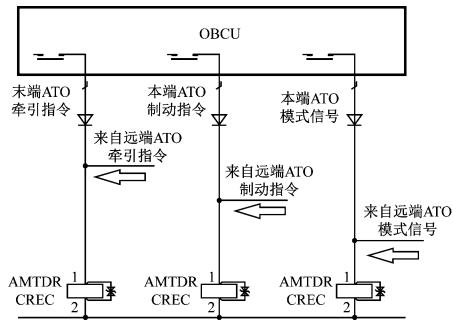
牵引控制系统和制动控制系统作为列车正常运行的基础,是城市轨道交通列车最重要的 2 个系统。其中,列车牵引控制系统根据不同模式下的牵

引控制指令及牵引需求输出牵引电机的驱动,使列车以目标速度运行;列车制动控制系统根据不同模式下触发的制动指令与需求,通过电制动与气制动的方式,使列车按照计划进行减速及停车,实现列车的安全运行。本文对合肥轨道交通 1、2 号线列车在 ATO(列车自动运行)模式下的牵引和制动控制电路优化进行研究。

1 ATO 模式下的牵引和制动控制电路介绍

合肥轨道交通 1、2 号线列车均采用 6 节编组 B2 型列车,且在 ATO 模式下列车的牵引和制动控制接口电路完全一致。本文以 2 号线在 ATO 模式下的牵引和制动控制电路为例,对电路控制的基本原理进行介绍。

2 号线在 ATO 模式下信号系统通过 OBCU(车载控制单元)给 AMTDR(牵引指令继电器)、AMBDL(制动指令继电器)供电,实现牵引、制动控制指令的触发。每端的 OBCU 均可同时给列车两端的 AMTDR、AMBDL 供电,其供电原理如图 1 所示。



注:AMR——ATO 模式继电器;CREC——司机室右侧电器柜;箭头表示线路得电后的逻辑走向。

图 1 AMTDR、AMBDL 的供电原理图

列车收到 ATO 制动指令后,AMBDL 得电,通过 AMBDL 在列车制动控制电路中的常闭触点断开,使制动指令列车线失电(低电平有效),列车触发制动模式,根据信号系统给出的制动力需求值完

成制动力的施加,使列车达到计划的减速运行效果。

列车收到 ATO 牵引指令后,AMTDR 得电,通过 AMTDR 在列车牵引控制电路中的常开触点闭合,使牵引指令列车线得电(高电平有效),列车触发牵引模式,根据信号系统给出的牵引力需求值完成牵引力的施加,使列车达到计划的加速运行效果。

2 ATO 模式下的牵引和制动控制电路原理

通过对合肥轨道交通 1、2 号线 ATO 模式下的牵引和制动控制电路深入分析,发现信号与车辆各自系统控制电路均符合要求,但在信号与车辆的接口设计中存在一定的问题。

2.1 信号专业的牵引和制动控制电路设计

如图 1 所示,在信号侧 ATO 模式牵引和制动控

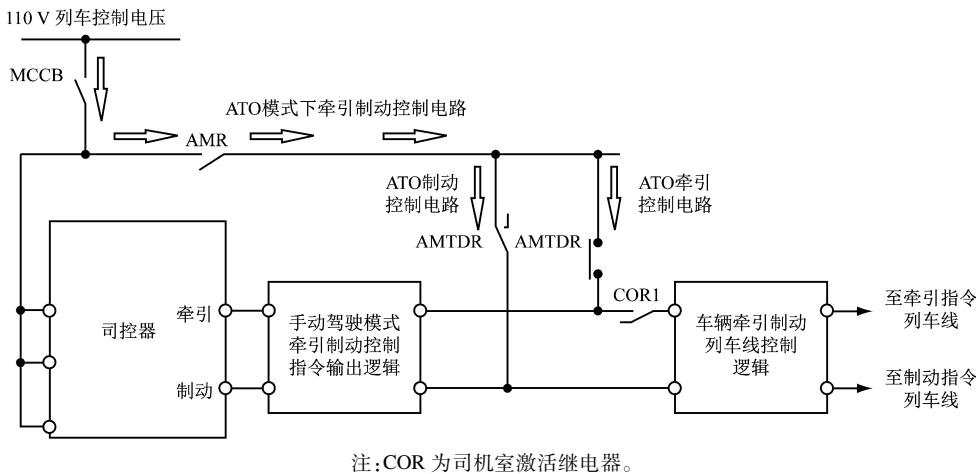


图 2 ATO 模式下牵引、制动指令列车线供电示意图

在车辆侧 ATO 模式下的牵引控制电路通过 MCCB、AMR 常开触点及 AMTDR 常开触点后,与本端的 COR1 常开触点串接,形成牵引指令列车线的供电控制。通过对列车两端 ATO 模式下牵引指令列车线供电进行分析,可以发现虽然在 ATO 模式下列车两端的 AMR 均得电,OBCU 输出牵引指令后两端的 AMTDR 也全部得电,但由于供电回路需经过 COR1 常开触点,ATO 模式下的牵引指令列车线仅在主控端可以实现牵引指令列车线的供电。

2.3 信号与车辆的接口控制电路问题

由上分析可见,ATO 模式下制动指令列车线的供电来自列车两端,可同时进行控制。但由于此列车制动指令列车线采用低电平有效的控制方式,因此如果列车两端任意 1 个 AMBDR 发生故障,其在制动控制电路中的常闭触点就无法断开,从而导致 ATO 模式下制动指令列车线一直保持高电平的状态,列车无法触发制动指令,制动无法正常施加,可

制电路设计中,列车两端任何 1 个 OBCU 均可同时给两端的 AMBDR、AMTDR 供电。该设计既可满足 2 个 OBCU 正常输出指令,也可实现控制指令输出的冗余。

2.2 车辆专业的牵引和制动控制电路设计

如图 2 所示,在车辆侧 ATO 模式制动控制电路设计中,通过 MCCB(司机控制器断路器)、AMR 常开触点及 AMBDR 常闭触点形成制动指令列车线的供电控制。通过对列车两端 ATO 模式下制动指令列车线供电进行分析,可以发现在 ATO 模式下,列车两端 AMR 均得电,并且在 OBCU 输出制动指令时列车两端的 2 个 AMBDR 也均得电,即 ATO 模式下列车两端的 AMBDR 均可对制动指令列车线供电进行控制。

能引发列车越站或冲标,故列车运行存在较大的安全隐患。

对比仅由主控端 AMBDR 进行制动指令列车线控制的方式,现有接口设计的控制方式使得制动指令列车线出现故障的概率增加 1 倍。同时,由于任何一端司机室被激活均对 AMBDR 进行得失电控制,使 AMBDR 的使用频率增加 1 倍,将导致 AMBDR 提前老化,缩短了继电器电气的使用寿命。在 ATO 模式下牵引指令列车线的控制方式上,同样存在使 AMTDR 的使用频率增加 1 倍、继电器电气使用寿命缩短的问题。

3 AMTDR、AMBDR 的动作频次计算

AMBDR、AMTDR 的动作频次可通过每日列车运营信息及列车事件记录进行统计和计算。由于 AMBDR、AMTDR 的计算方式相同,本文仅以 2 号线的 AMBDR 为例进行动作频次计算分析。其计

算公式如下:

$$N = 365t_1N_0/t_2 \quad (1)$$

式中:

N ——平均每个 AMBDR 的动作频次,次/年;

t_1 ——正线列车平均每日开行列次数,列次;

N_0 ——每开行 1 列次 AMBDR 的动作频次,次;

t_2 ——2 号线配属列车数量,列。

2 号线现有 28 列电客车,根据该线目前的运行图,每日载客开行列次约为 310 列次。根据列车事件记录仪的信息,列车在正线上正常开行 1 列次,AMBDR 动作次数约为 48 次。将以上数据代入式(1),可得到列车 1 年内每个 AMBDR 在正线运行时的动作次数为 193 971 次。另外,考虑列车在维保测试过程中 AMBDR 的动作情况,估计列车 1 年内每个 AMBDR 的动作频次在 20~22 万次。目前 2 号线列车 AMBDR 采用的继电器,其电气使用寿命约为 50 万次,结合实际情况,则大约 2 年半即达到继电器的电气使用寿命。

达到继电器电气使用寿命后,会进一步增大出现故障的可能。因此,在设计上采取改良措施,对接口电路进行优化,对提升设备稳定性、保障系统的正常运行具有重要意义。

4 接口控制电路的优化措施

4.1 优化方案 1

如图 3 所示,在 AMBDR 上方串接司机室激活继电器的常开触点,保证 ATO 模式下列车制动控制时只是主控端 AMBDR 得电。按照此方案优化后,列车制动电路仅通过主控端进行供电控制,远端 AMBDR 不得电,常闭触点一直处于闭合状态,可以有效降低由于 AMBDR 故障导致制动控制指令列车线异常得电的概率,同时还可以使 AMBDR 的动作频次减少一半,进而延长 AMBDR 的使用寿命。同理,AMTDR 的供电方式采用同样的优化设计方

案后,也可以使 AMTDR 的动作频次减少一半,延长 AMTDR 的使用寿命。

4.2 优化方案 2

优化方案 1 既有效降低了继电器的使用次数,也降低了 AMBDR 故障导致的制动指令列车线异常得电的概率,但是在接口电路设计中未起到冗余作用。为了进一步降低电路的故障概率,增加系统稳定性,可以采取以下优化方式:

1) 对于 ATO 制动控制电路:可将 ATO 模式下制动控制电路(见图 2)中 AMBDR 常闭触点更换为常开触点的方式,修订信号侧 OBCU 制动信号的触发逻辑。即:将信号系统 OBCU 制动信号输出逻辑修订为低电平为有效制动信号、高电平为无效制动信号,且备用 OBCU 在正常状态下制动指令输出低电平信号,保证不会对主用 OBCU 制动逻辑触发造成干扰。此优化方案的 AMBDR 动作频次与优化前方案的 AMBDR 动作频次相同,可实现 ATO 模式下制动控制电路供电的冗余,可以很好地降低 AMBDR 故障导致制动指令列车线发生故障的概率。

2) 对于 ATO 牵引控制电路:只需优化牵引指令列车线控制电路的方式,取消图 2 中 COR1 常开触点,使得列车两端 AMTDR 对列车牵引指令列车线供电形成冗余。此优化方案的 AMTDR 动作频次与优化前方案一致,但可以实现 ATO 模式下牵引控制电路供电的冗余,有效降低 AMTDR 故障导致牵引指令列车线发生故障的概率。

5 结语

随着合肥轨道交通 1、2 号线运营时长的增加,相关继电器使用频次逐渐增加,设施设备均会出现不同程度的老化,越来越多的问题将逐步体现出来。需要及时对问题进行深入分析、总结,采取有效的措施降低各类故障的概率,减少由于设备原因对日常运营产生的影响,保障城市轨道交通线路的安全、高效、平稳运营。

参考文献

- [1] 韩增盛,张天彤. 地铁列车 TRB 模式故障分析与处理[J]. 城市轨道交通研究,2018(4):31.
- [2] 曹宏发,郑琼林,李和平. 城轨列车制动系统故障导向安全设计[J]. 铁道机车车辆,2008(12):54.
- [3] 吴新宇. 克诺尔模拟式地铁制动系统概述[J]. 铁道车辆,2000(1):65.

(收稿日期:2019-06-13)

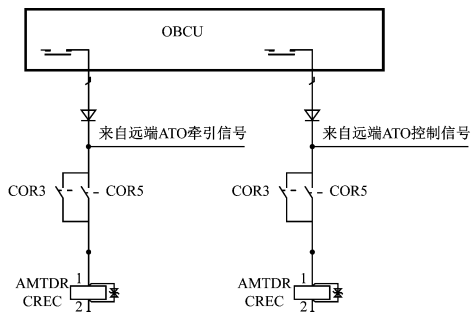


图 3 仅有主控端 AMBDR/AMTDR 得电的优化方案