

能耗吸收装置在城市轨道交通系统中的应用

冯丽萍 郁思源 李铁钢

(中车长春轨道客车股份有限公司动力厂,130062,长春//第一作者,高级工程师)

摘要 介绍了城市轨道交通系统能耗吸收装置的原理和组成,分析了能耗吸收装置的能量吸收过程和系统控制方式,总结了能耗吸收装置运用过程中的故障种类、故障现象及相应的故障解决方法。

关键词 城市轨道交通;能耗吸收装置;安全运行

中图分类号 U270.38

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.02.026

Application of Energy Consumption Absorption Device in Urban Rail System

FENG Liping, YU Siyuan, LI Tiegang

Abstract The principle and composition of the energy consumption absorption device in urban rail transit system was introduced. The energy absorption process and systematic controlling methods of the energy consumption absorption device was analyzed. The fault types and phenomenon, as well as corresponding solutions during the energy consumption absorption device operating process were concluded.

Key words urban rail transit; energy consumption absorption device; safe operation

Author's address CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

在城市轨道交通变配电系统中,提升变配电系统管理效率,提高供电可靠性,已势在必行。城市轨道交通列车制动时会向电网回馈能量,当这部分能量不能完全被其他列车或用电设备吸收时,会造成电网电压升高,这对电站设备和列车运行非常不利,因此需要有相应的装置能将剩余能量消耗掉,以维持电网电压稳定。以往大多采用在列车上装设大容量吸收电阻的方法吸收这部分能量,这会造成站内及洞内温度升高,同时导致车下设备总体布置困难。目前,国内外普遍采用的方法是在牵引变电所内设置制动能量吸收装置,合理配置该装置还能减少车载设备和车辆维护工作量。本文介绍了能耗吸收装置的工作原理、技术参数、控制方式、运行操作程序及故障快速维修方法。

1 能耗吸收装置组成与控制方式

当处于制动状况的列车回馈出去的电流不能完全被其他列车或用电设备所吸收时,能耗吸收装置立即投入工作,吸收掉多余的回馈电流,使其消耗在装置的吸收电阻上,从而防止制动列车向电网回馈能量而使电网电压升高,这样可使列车最大限度地发挥电制动功能。能耗吸收装置采用斩波器(VT)和吸收电阻配合方式,根据线网电压的变化状态调节斩波器导通比,进而改变吸收功率,将线网电压维持在某一设定值范围内,以保证列车安全运行。

1.1 能耗吸收装置组成

能耗吸收装置由斩波器柜、电阻柜、电抗器柜、隔离开关柜4部分组成。根据调试需求,采用DC 750/1 500 V双制式制动能量吸收装置,每套装置有12个独立的吸收支路,每一条支路由一个IGBT(绝缘栅双极型晶体管)斩波支路控制,构成12相不重恒压吸收控制系统。斩波器的导通角及投入的相数由线网电压的大小决定。当网压超过一定设定值时斩波器立即投入工作,能耗吸收装置吸收制动车辆的回馈电流,从而降低网压。斩波器的导通角可根据网压的大小自动调节。

1.2 系统参数设定

1) 当试验地铁列车的额定电压等级为DC 1 500 V时,整列车质量不能超过720 t,制动减速度按照 1 m/s^2 计算时的制动初始速度为80 km/h,20 s短时功率为7 693 kW,额定吸收功率为3 096 kW,允许电网电压波动范围为1 100~1 800 V。

2) 当试验地铁列车的额定电压等级为DC 750 V时,整列车质量不能超过470 t,制动减速度按照 1 m/s^2 计算时的制动初始速度为80 km/h,20 s短时功率为4 757 kW,额定吸收功率为1 892 kW,允许电网电压波动范围为500~900 V。

1.3 系统控制方式

能耗吸收装置的主要功能是维持网压恒定。

针对供电电压为 DC 750 V、DC 1 500 V 的城市轨道交通线路,该装置将网压波动范围分别取为 820~900 V、1 650~1 800 V。列车运行时的运行状态可以通过比较线网电压网和空载电压来判断。能耗吸收装置采用 PID(比例积分微分)闭环控制实现网压恒定,因此基准电压的选取十分关键,其值一定要高于线网空载电压,且需在斩波器的控制电压范围之内。若基准电压高于斩波器的启动电压,则当网压升高时斩波器一直处于开通状态,无法起到保证车站设备及列车安全的作用;若基准电压过低则可能会导致斩波器频繁关断,还有可能会吸收电能,造成能源浪费。所以,DC 750 V 制式时的基准电压为 825 V,DC 1 500 V 制式时的基准电压为 1 650 V,这一参数也可根据实际情况进行调整。

能耗吸收装置启动时,控制系统首先根据电流传感器 SA1 检测到母线电流的极性,判断是否有电流回馈至电网,如果极性为电站流向电网的方向,则说明线路上没有制动能量回馈至电网,能耗吸收装置不投入工作。反之则进一步检查网压是否在能耗吸收装置允许的波动范围内。DC 750 V 制式时如果网压低于 500 V 或高于 900 V,DC 1 500 V 制式时如果网压低于 1 000 V 或高于 1 800 V,列车因不具备再生条件,能耗吸收装置则不投入工作。DC 750 V 制式时如果网压在 500~900 V 之间,DC 1 500 V 制式时如果网压在 1 000~1 800 V 之间,系统在直流侧检测电压与斩波器启动电压进行比较,当直流侧电压检测值高于 825 V 和 1 650 V 时,开通斩波器,然后系统再根据网压大小进行 PID 实时运算,自动调节输出 PWM(脉冲宽度调制)的占空比,即调节斩波器的导通角,改变各相电阻等效阻值,直至网压低于设定的吸收电压值后,关闭斩波器,使吸收装置处于待命状态,等待下次车辆的再生吸收;当直流侧电压检测值低于 825 V 或 1 650 V 时,封锁 PWM 输出,关闭斩波器。

能耗吸收装置采用了交、直流电压相对判断的方式,在设定的判断基准电压以上进行比较,合理解决了电网波动的影响。系统还可以根据吸收功率的大小控制斩波器的投入数目,整个制动过程,可以根据线网电压变化及再生功率大小,实现实时控制。

2 能耗吸收装置设备运行操作程序及故障快速维修方法

2.1 能耗吸收装置运行操作程序

能耗吸收装置在运行中因为人为操作所造成

的故障率超过总故障的 20%,为防止操作人员因操作失误使设备不能正常投运或损坏设备,制定出能耗吸收装置详细的操作顺序。

1) 开机程序

(1) 根据车上要求,把电阻柜转换开关切换到相应制式(DC 750 V/1 500 V),并把隔离开关柜 DC 750 V、DC 1 500 V 制式转换开关 SM1 切换到相应制式。

(2) 把隔离开关柜上触摸屏内变压器分接头接法,按主回路变压器分接头接法连接。调整变压器分接头位置的用户名是“USER”,密码是“111111”。

(3) 闭合隔离开关柜里断路器 DZ,确认 DC 220 V 控制电源合闸。

(4) 按压隔离开关柜面板上控制合闸按钮 SB1,控制合闸指示灯 HL6 亮。

(5) 如果有报警音响及故障指示,按压报警音响解除按钮 SB7 解除音响,按压故障复位按钮 SB8 复位。检查触摸屏上是否有报警信息。按压故障复位按钮后,如果报警信息消失,说明故障解除;如果故障仍然存在,按压故障复位按钮后报警信息仍显示,则按照说明书故障工况操作排除故障。

(6) 开启电阻柜风机电源。

(7) 闭合能耗柜断路器 QF(在直流室)。

(8) 预充电接触器和主接触器合闸由程序自动控制闭合,不需要人工合闸。主接触器闭合后,主接触器合闸指示灯 HL3 亮。完成以上操作,系统即进入待机运行状态。

(9) 设备运行后,督促试验线上运行车辆驾驶员:2 次制动间隔时间不能少于 120 s。

2) 断电程序

(1) 断开能耗柜断路器 QF(在直流室)。注意:电动隔离开关一般不用分开,只有在检修时,为安全起见,才分开电动隔离开关。

(2) 断开电阻柜风机电源。

(3) 断开隔离开关柜断路器 DZ。

2.2 能耗吸收装置故障快速维修方法

针对能耗吸收装置设备复杂系数高、体积大、维修时间周期长等特点,根据平时积累的维修经验,对该设备的易损件及经常出现故障的问题进行汇总,撰写了试验线制动能量吸收装置快速维修法,具体如下:

1) 通信故障。故障现象:主控板上指示灯 02A 常亮,表示主控机箱与 PLC(可编程逻辑控制器)通

信故障。解决方法:应断电检查 PLC 通信接口与主控机箱之间通信线是否接好。

2) 电动隔离开关卡分/卡合故障。故障现象:目测电动隔离开关分、合不到位。解决方法:断电检查电动隔离开关电机是否正常。

3) 主接触器、预充电接触器卡分/卡合故障。故障现象:主接触器、预充电接触器卡分/卡合故障,引起跳闸响应。解决方法:应断电检查接触器的状态,确认接触器辅助触点是否接触良好,是否有线路松动等故障。

4) IGBT 故障。故障现象:IGBT 无回报信号、IGBT 短路。解决方法:检测 IGBT 驱动电源是否上电,电源是否正常;在断开主电路及控制电源后,用万用表检测 IGBT 是否损坏;检查确认后,更换相应 IGBT。

5) 电阻柜温度过高。故障现象:系统检测到电阻柜温度过高会自动启动如下 3 级保护:①任一电阻柜温度超 200 ℃时,报警,系统功率降为原来 2/3;②任一电阻柜温度超 220 ℃时,报警,系统功率降为原来 1/2;③任一电阻柜温度超 250 ℃时,报警,QF1 跳闸,电容放完后封锁脉冲。解决方法:检查该电阻柜风机运行是否正常;并在断电后检查故障支路电阻带状态、IGBT 状态。

6) 直流网压欠压。故障现象:断路器合闸后直流网压低于 300 V,引起跳闸响应。解决方法:检查断路器前一级是否断开,整流器是否运行正常。

7) 直流网压过高。故障现象:DC 750 V 制式时,断路器合闸后直流网压高于 1 000 V,引起跳闸响应;DC 1 500 V 制式时,断路器合闸后直流网压高于 2 000 V,引起跳闸响应。解决方法:检查整流器是否运行正常,网压是否确实过高;如网压没有过高,检查电压传感器 SV1(检测直流网压的传感器)工作是否正常。

8) 电容电压过高。故障现象:断路器合闸后触摸屏显示电容电压过高报警。解决方法:检查整流器是否运行正常,网压是否确实过高;如网压没有过高,检查电压传感器 SV2(检测电容两端电压的传感器)工作是否正常。

9) PT(电压互感器)失压。故障现象:交流侧网压过低;引起跳闸。解决方法:检查 PT 柜交流互感器是否工作正常,检查交流网压是否正常;如以上检查都没有问题,可更换主控制箱模拟信号板。

10) 充电回路故障。故障现象:预充电回路不能正常充电。解决方法:检查预充电接触器 KM2 是否存在卡分或卡合故障,接触器辅助触点是否接触良好,充电电阻是否正常,是否存在灼烧、发热现象,如有问题更换。

11) 电阻柜失风保护。故障现象:系统跳闸,触摸屏显示失风保护。解决方法:检查风机是否开启,风压传感器是否堵塞。

12) 电压传感器故障。故障现象:系统跳闸,触摸屏显示电压传感器故障。解决方法:断电后,分别检测电压传感器 SV1 和 SV2 接线、状态是否正常。

13) 电压制式选择不匹配。故障现象:电压制式选择不匹配系统无法进入正常工作状态。解决方法:检查确认隔离开关柜上电压制式选择开关 SM1 和电阻柜电阻切换开关 QS11—QS14 是否处于相应位置。

3 结语

能耗吸收装置解决了列车制动时向接触网回馈能量造成网压过高危害设备的问题,由于能耗吸收装置设置在地面变电所内,同时也解决了电阻发热造成洞内及站内温升的问题。目前,该装置在国内城市轨道交通中已有多例运用。随着我国各城市的轨道交通线网发展,能耗吸收装置将会发挥重要作用,对其进行相关研究具有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 谢剑英.微型计算机控制技术[M].上海:国防工业出版社,1985:107.
- [2] 王同胜.计算机网络[M].北京:机械工业出版社,2000:39.
- [3] 刘介才.工厂供电[M].北京:机械工业出版社,1984:208.
- [4] 杨奇逊.微型机继电保护基础[M].北京:水利电力出版社,1991:41.
- [5] 周培森.自动检测与仪表[M].北京:清华大学出版社,1988:122.
- [6] 王彦峥,苏鹏程.城市轨道交通再生能量回收技术方案的研究[J].电气化铁道,2004,8(2):53.
- [7] 孙延焕.制动吸收设备的应用介绍[J].电气化铁道,2005,15(3):76.
- [8] 曾建军.地铁制动能量吸收装置[J].电气化铁道,2008,36(6):141.

(收稿日期:2019-08-25)