

一种兼有融冰功能的城轨再生电能回馈系统

对电气化铁路而言,由于接触网覆冰,会导致受电弓无法正常取流,甚至导致受电弓的损害或断裂,严重影响列车的安全准点运行。目前已有的融冰方案均需要增加额外的融冰设备。提出一种兼有融冰功能的机车再生电能回馈系统,可利用相邻车站安装的地铁再生电能回馈设备,通过开关切换以及两台再生电能回馈设备功率环流的控制方法,实现对两个牵引站之间接触网线路的融冰功能,无须增加额外设备,具有控制灵活、可靠性高的特点。最后,通过仿真模型验证了该方法以及控制策略的正确性。

王 宇 杨 浩 谢晔源/南京南瑞继保电气有限公司
连苏宁 桑静波/石家庄市轨道交通有限责任公司

0 引言

冬季由于气温、空气湿度和风速的共同作用,存在着由液态水形成冰的覆冰现象。因此,覆冰是一种特定气象条件下产生的冰冻现象,如果在架空线上大面积形成覆冰,会导致杆塔倾倒、导线覆冰舞动或断裂,将影响架空线路的正常安全运行^[1]。对电气化铁路而言,由于接触网覆冰,会导致受电弓无法正常取流,甚至导致受电弓的损害或断裂,严重影响列车的安全准点运行。目前已有的融冰方案均需要增加额外的融冰设备,这样就会增加额外的投资和设备占地空间,同时也增加了系统的复杂性^[2]。

机车再生电能回馈系统用于轨道交通上再生电能的吸收和回馈的场合,将再生电能回馈至电网,本文提出的方法可利用机车再生电能回馈设备,通过开关切换以及控制策略的调整实现融冰功能,提高设备利用率,无须增加额外设备,控制灵活,可靠性高。

1 融冰原理介绍

直流融冰装置的基本原理是采用换流阀将交流电流转化为直流电流,并注入交流导线,利用直流电流在导线电阻中产生热量使覆冰融化^[3]。

直流融冰装置包括一次设备部分和二次设备部分。一次设备部分主要包括换流阀及其辅助设备;二次设备部分主要包括控制和保护设备、运行人员工作站等。

由于地铁沿线每隔3~6 km有一座牵混变电所,可以考虑将融冰装置接入牵混变电所,由牵混变电所为融冰装置提供工作电源。

该方法使用的直流融冰装置采用可控整流方式,利用直流短路电流在导线电阻中产生热量使覆冰融化。采用可控整流方式可实现零起升压和升流,对系统冲击小;配置自动控制和保护设备,通过对晶闸管阀组触发角的控制,结合现场的线路类型、覆冰状况和气象条件等因素,控制直流融冰电流,以达到线路稳定的最佳融冰温度。但该方法需要通过一个短路点构造融冰回路,从短路点到设备的线路等效电阻需要进行估算,以使晶闸管阀组输出合适范围的直流电压,而且使用该方法需要增加额外的设备。

2 兼有融冰功能的机车再生电能回馈系统

本文提出一种兼有融冰功能的机车电能回馈系统,包括两台再生电能回馈



王 宇/工程师

关键词/Keywords

接触网·
融冰·
电能回馈·
功率环流·

设备。

2.1 再生电能回馈设备介绍

机车再生电能回馈系统用于轨道交通上再生电能的吸收和回馈的场合，将再生电能回馈至电网^[4]。

再生电能回馈设备的原理可简述如下：当车辆进入制动工况时，机车的动能转换为电能。当向直流电网输入电能时，会引起直流电网电压升高。再生电能回馈设备的控制系统实时检测直流电网电压。当直流电网电压上升达到某一预设值时，逆变器开始起动，将多余的电能回馈给交流电网。

再生电能回馈设备通常是由IGBT全控桥构成的整流器，具备流过双向有功功率的功能，即可控制有功功率从交流电网流向地铁牵引网直流母线，也可控制有功功率从地铁牵引网直流母线流向交流电网。单台再生电能回馈设备拓扑结构如图1所示。

再生电能回馈设备已应用于地铁牵引站，目前新建地铁线路大多数装设再生电能回馈设备，

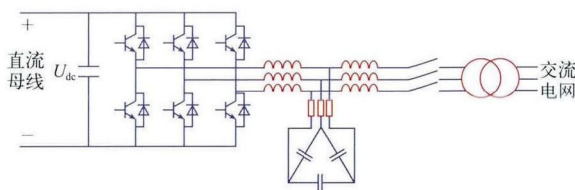


图1 再生电能回馈设备拓扑结构

以实现节能环保。

2.2 融冰功能实现方法

通常机车再生电能回馈系统在白天地铁运行时间段投入运行，夜间在接触网上无车辆运行，可将机车电能回馈系统切换到融冰状态，控制接触网电流。系统总体拓扑结构如图2所示，具体连接方式如下：其中一台再生电能回馈设备的直流侧正极与地铁牵引网正极母线连接^[5]，正极母线通过切换开关 S_1 、 S_2 分别与上行接触网、下行接触网连接，再生电能回馈设备的直流侧负极通过切换开关 S_3 与下行接触网或上行接触网连接，直流侧负极通过切换开关 S_4 与地铁牵引网负极母线连接；另一台再生电能回馈设备的连接方法相同。

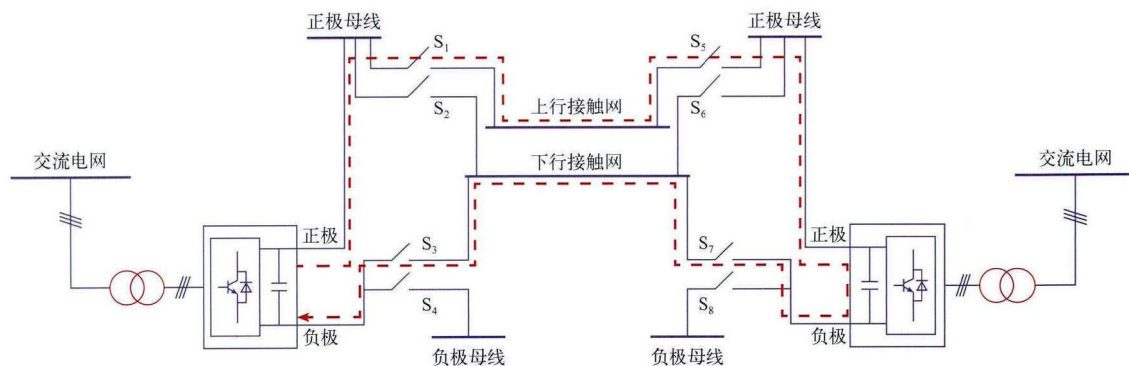


图2 融冰系统总体拓扑结构

当切换到融冰模式时，闭合开关 S_1 、 S_3 、 S_5 和 S_7 ，分开其他开关，电流回路流经上行接触网和下行接触网。

当切换到能量回馈模式时，闭合开关 S_1 、 S_2 、 S_4 、 S_5 、 S_6 和 S_8 ，分开其他开关，在该模式下可将刹车制动能量返送给交流电网。

3 基于功率环流的控制策略^[6]

本文采用基于功率环流的控制策略，融冰系

统等效电路模型如图3所示。

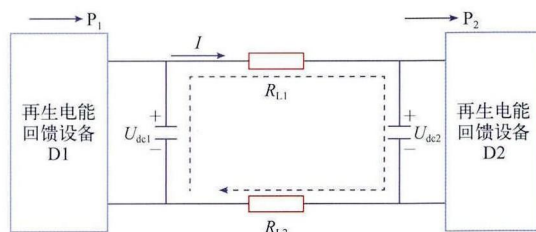


图3 融冰系统等效电路模型

表4 隔直设备优化后配置方案

站点序号	隔直设备配置	直流分布电流/A
1	—	1.3
2	配置	0
3	配置	0
4	—	3.13
5	—	0.02
6	—	3.53
7	—	0.86
8	—	1.8
9	配置	0
10	—	1.07
11	—	1.18
12	—	0.13
13	—	0.11
14	—	0.33

6 结束语

本文以仿真方式来计算在隔直设备配置各个阶段的直流电流分布规律，同时提出直流相关强度的概念，应用一种基于最少隔直设备安装数量的优化配置方法，以直流接地极为中心，对一定区域内的配置方案进行优化评估，最终达到一次性配置区域内所有隔直设备的目的。

仿真结果表明：该方法在不降低隔直效果的情况下，能够降低直流偏磁抑制设备配置的数量，方法简单易行，具备工程实用性。

参考文献

[1] 郝桂芹. 变压器直流偏磁抑制方法的应用分析 [J]. 陕西电力, 2013 (6) : 31-34.

[2] DL/T 5224—2005 高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定 [S].

[3] 刘鹏, 郭倩雯, 杨铭, 等. 抗直流偏磁的变压器中性点接地方式探讨 [J]. 高电压技术, 2015 (3) .

[4] 周友斌, 全江涛, 文习山, 等. 直流输电分布式接地极建模与应用 [J]. 电网技术, 2015, 39 (2) : 387-392.

[5] 黄佐流. 电力变压器直流偏磁试验研究 [J]. 电气工程学报, 2015, 10 (12) : 69-75.

[6] 王晓希, 阮羚, 文习山, 等. 基于深层大地电阻率的直流偏磁电流特征分析 [J]. 高电压技术, 2015, 41 (5) : 1536-1543.

[7] 全江涛, 谢志成, 陈科基, 等. 特/超高压直流输电系统单极运行下变压器中性点直流电流分布规律仿真分析 [J]. 高电压技术, 2015, 41 (3) : 787-793.

[8] 徐志, 李胜男, 于辉. 变压器中性点串接电容抑制偏磁措施及其引起的过电压分析 [J]. 电测与仪表, 2014, 51 (14) : 52-56.

(收稿日期: 2016-05-04) EA



(上接第32页)

触网上无车辆运行，可切换到融冰模式。

2) 在融冰过程中，电流连续可控。可实现两站之间接触网线路的全线融冰，与单站融冰方式相比，这种方式融冰覆盖面更大。

参考文献

[1] 张安洪. 雪灾对接触网覆冰及其影响的探讨 [J]. 电气化铁道, 2008 (3) : 32-33.

[2] 王国梁. 接触网融冰防冰问题的分析研究 [J]. 铁道工程学报, 2009 (8) : 93-95.

[3] 山霞, 舒乃秋. 关于架空输电线除冰措施的研究 [J]. 高电压技术, 2006, 32 (4) : 25-27.

[4] 王军, 江平, 杨海英. 城市轨道交通制动能量逆变回馈系统研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2007, 8 (12) : 23-27.

[5] 李群湛. 牵引电力系统分析 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2007.

[6] 左志平, 廖瑞金, 郭超, 等. 玻璃绝缘子超疏水复合涂层的制备及其防冰性能研究 [J]. 电气工程学报, 2015, 10 (4) : 99-105.

(收稿日期: 2016-11-29) EA