

地铁列车无电区微制动技术的研究与应用

张金武 李 桢

青岛地铁集团有限公司运营分公司 山东 青岛 260000

【摘要】 随着科技与经济的发展和城市轨道交通之中的一项主流的公共交通工具。由于地铁不仅具有速度快、运输量大等特点，还具有占地面积小、环境污染小等优势，我国个大城市都已经大力开展了地铁的建设与运营工作。同时，也促进了我国各项地铁技术的蓬勃发展。目前，我国工程技术人员已经攻克了传动控制的基本技术，正在向让地铁技术工程化以及可靠化迈进。本文，对通过无电区时的地铁车辆可能出现的情况进行了分析，对微制动技术稳定地铁通过无电区时的直流电压进行了实验研究，并提出了相应的解决方案，希望可以我国地铁工程技术的发展做出一点贡献。

【关键词】 地铁列车；无电区；微制动技术；研究与应用

由于存在着一些地理区域以及供电线路等影响因素，经常会造成地铁运行线路中存在着一些无电区域。这些无电区域有长有短，会在不同程度上给地铁的运行造成一定的影响。在这些因素的影响下，地铁会在通过无电区域的时候，经常出现变流器故障、牵引系统停机等重大问题，严重影响了地铁的正常运行。甚至可能会影响乘客的乘车质量。所以，目前我国地铁中存在的无电区域的问题，继续解决。

一、微制动技术的内涵

1、进入微制动模式判定方法

在地铁运行过程中，地铁中的控制器并不能预先清楚地铁运行的路线中哪一段存在着无电状态。所以，在地式进入无电区域的时候，就需要具备对无电区域进行自动判断的模式。这种模式的判断，就可以让地铁在预设之后，自动进入微制动模式。当地铁处于非制动情况且满足以下条件时，控制器就可以判定地铁进入了无电区域。

$$\frac{dU_d}{dt} \geq TH_{\Delta U_d}$$

$$U_d \geq TH_{ud}$$

$$Speed \geq TH_{Speed}$$

其中，Speed 为地铁当前的形式速度， TH_{Speed} 为地铁在进行微制动模式时的最小速度值； U_d 为中间直流电压值， $TH_{\Delta U_d}$ 为中间直流电压值变化了门槛， TH_{ud} 为中间直流电压值最小值门槛。

在地铁进入无电区域的时候，地铁控制器就可以根据控制系统的响应速度、以及电机再生制动对中间电压反馈速度等的数值进行判断，从而准确的进入微制动模式。

2、退出微制动模式判定方法

同样，在地铁行使出无电区域的时候，地铁的控制器并不能预先准确的知道地铁在哪一时刻退出无电区。所以，在控制器需要具备判断地铁退出了无电区、并退出微制动模式的判断技术，保证地铁可以恢复到正常的运行状态。

所以，我们需要在有电区电压值以及无电区最大中间直流电压值之间设置一个适合退出微制动模式的中间直流电压的阈值。当控制器检测到中间直流电压值大于中间直流电压门限值的时候，就可以判定地铁已经回到了有电区，便可以控制地铁退出微制动模式。

3、微制动调节器

在微制动技术中，作为核心部分的微制动调节器在对中间直流电压值反馈过程中发挥着重要作用。微制动调节器可以根据中间直流电压值反馈的数据调节电制动力，从而使地铁动能、辅助电源系统消耗能以及电机制动反馈能可以保持平衡状态。

二、分析地铁通过无电区时的具体情况

地铁在通过无电区时的重要流程为开始进入工作，进入无电区，退出无电区。

在供电网的主电路中设置的中间直流电压充电电路可以对主电路起到保护的作用。当电路开始工作的时候，为了限制充电电流，采取了电流通过电阻来为支撑电容充电的手段。而当充电完成之后，再将电流引回正常电流路线，促使逆变器回到正常运行状态。而这一过程所需要的时间一般为几秒钟。

当地铁没有预先判断而无电区时，牵引系统会保持原状态不变。如果无电区域距离形成较短，地铁车辆进入无电区域时的中间直流电压值与供电网的中间直流电压值基本相当，地铁车辆出现故障的几率也较小。但是如果地铁车辆所通过的无电区距离形成较长的话，牵引系统继续保持原状态行使，就会很容易出现直流电流过流以及直流电压过压等故障，影响地铁的正常运行，甚至还会造成部分器件损坏的严重后果。此外，当

牵引系统进入保护状态的时候,也会进行一些列相应保护步骤。这些诸如主电路充电、电机磁场消除等保护步骤耗时较长,不仅会影响地铁的正常运行,还会影响部分相关器件的使用寿命,不利于地铁车辆的使用,也不利于地铁行业的发展。

三、解决方案

1、直流母线方案

在地铁的运行轨道之中,出现无电区域的情况一般为几米到几十米。这个时候,如何运用一根大于无电区域距离的直流母线,将每一个节车厢中的供电电路都进行有效的连接,就会让车头在进入无电区时通过直流母线共享由车尾提供的电流。同样,当车尾进入无电区时,车头也已经驶出无电区域,继续可以通过直流母线将电流进行共享。

这一方案思路十分的简单,看起来也可以轻松的解决问题。但是在实际操作之中,却不具备实施的可操作性。具体原因如下:

(1) 想要将整列地铁车辆贯穿一根直流母线,需要很多的高速断路器。而高速断路器的操作十分的繁琐与复杂,不利于实际操作。

(2) 为了确保城市公共交通的顺利运行,大部分的地铁车辆都会处于长时间运行的状态。而这一方案不仅需要投入巨大资金数额,还需要投入大量的时间进行施工维修,并不符合地铁车辆的使用条件。

(3) 直流母线方案的主要原理是依靠直流母线长度超过无电区长度来进行的。但是,如果车厢较短或者无电区过长,就会让这一方案失去意义。

(4) 当直流母线两端所处的电网区间的电压不平很的时候,就会出现电流大量的从电压高的一侧通过直流母线涌入电压低的一侧。而这一过程,将会给直流母线造成巨大的危险,甚至可能会造成地铁运行的事故。

2、自适应微制动方案

中间直流电压网侧失电以及逆变侧电能快速下降是地铁通过无电区时出现的大部分问题的根本原因。如果地铁车辆在通过无电区的时候能够预先进行自动控制调节,通过施加轻微的电制动将地铁行驶过程中的动能转化为电能,就可以有效的

保证了中间直流电压的稳定,起到了解决的作用。

自适应微制动的方案主要是在主电路的设计中电流反灌的保护,既不需要增加昂贵安装复杂的器件设备,也不需要进行额外的维护。但是,自适应制动方案依然存在着一些不足之处,具体如下:

(1) 自适应微制动方案会在小范围内影响地铁车辆的运行速度。但是这个速度的影响在可以接受的范围之内。我们通过在线路的下坡路段进行无电区设置来避免或减小自适应微制动方案对地铁通过无电区时的速度的影响。

(2) 由于无电区的车辆需要具备初始动能或者足够的牵引能量,所以,在没有初始动能以及足够的牵引能量的时候,自适应微制动方案可能会造成地铁车辆的停车情况。

3、对比结果

通过对直流母线方案以及自适应微制动方案进行分析与研究对比后,可以看出,在对地铁通过无电区的电机控制过程中,微制动方案相比于直流母线方案,不论是成本投入、维护工作,还是安装实施,都具有更优的应用价值与推广价值。

四、实现软件

在自适应微制动方案中,微制动控制器主要有C语言进行编写。首先由功能块 NoPWRDetect 对地铁车辆外部条件进行实施检测,判断车辆是否需要进入微制动转台。在由 AMBAdjustor 功能块根据中间直流电压值的计算进行电制动力的滤波。之后,再由 Selector 进行电制动力的传送,由电机控制器进行力矩的控制。而当地铁车辆退出微制动模式时,也需要由 AMBAdjustor 进行控制器关闭操作,撤销电制动力,使地铁车辆恢复正常运行状态。

五、结语

在全球化科技发展的大环境下,电机控制技术与现代便利技术的发展为工程技术的发展与创新提供有力的基础依据。同时,我们的生活也随之而得到了有效的优化。本文对地铁车辆通过无电区出现的问题进行了分析,并通过对直流母线以及自适应微制动两种方案进行了对比,得出了自适应微制动技术可以有效解决地铁通过无电区出现的问题,更加适宜在地铁车辆中进行应用与推广。

参考文献:

- [1] 刘豫湘.我国机车制动机的现状与发展[J].电力机车与城轨车辆,2005,(1):6-9.
- [2] 吴萌岭.微机控制直通电空制动系统研究[D].同济大学机械工程学院,2006:1-135.