 DOI: https://doi.org/10.26789/szgc.v7i3.823

Analysis on the Dispatching Technology of Urban Rail Traction Power Supply System

Zhibiao Mu

Beijing Rail Transit Operation and Management Co., Ltd., Beijing, 100082, China

Abstract

With the rapid development of social economy and the continuous deepening of urbanization, the society has entered a new development stage, which also plays a good role in promoting the development of urban internal traffic system. In order to effectively solve the problems of traffic congestion, the scheduling technology of urban rail traction power supply system to ensure that the scheduling technology can effectively meet the basic needs of the power supply system. Therefore, the paper first analyzes urban rail transit and mixed energy storage of traction substation. On this basis, the specific measures of dispatching technology of urban rail traction power supply system are put forward.

Keywords

urban rail traction power supply system; dispatching technology; optimization measures

城轨牵引供电系统调度技术探析

穆志彪

北京市轨道交通运营管理有限公司，中国·北京 100082

摘　要

随着社会经济的高速发展以及城市化建设的持续深入，社会已经进入了全新的发展阶段，这也为城市内部交通系统的发展起到了良好的促进作用，而为了有效解决城市内部所产生的交通拥堵等问题，就应当对城轨牵引供电系统的调度技术展开深入探究，通过城轨牵引供电系统调度技术的应用来避免其中产生浪费情况，保证调度技术可以有效满足供电系统的基本需求。因此，论文首先对城市轨道交通以及牵引变电站混合储能进行分析。在此基础上，提出城轨牵引供电系统调度技术的具体措施。

关键词

城轨牵引供电系统；调度技术；优化措施

1 引言

城市轨道交通，其具备着速度快、环保性能优异以及能耗低等多种特征，同时也是有效解决城市内部交通拥堵问题的主要措施。然而，由于城市对轨道交通系统内部牵引用电的功率波动相对较大，这就会引发牵引变电站内部设备容量利用率比较低的问题出现，同时牵引变电站内部的能量流动还呈现出一种单向性的特征，这种特征会使得那些再生制动能量被大幅度浪费。因此，为了有效降低城市轨道交通的能源消耗，减少运营成本，必须在轨道交通发展进程中有效融入储能技术，通过储能系统来对功率波动进行抑制，提供出更高的能量储存容量，实现更加优异的供电系统调度。

【作者简介】穆志彪（1986–），男，中国北京人，本科，初级助理工程师，从事城市轨道交通电力调度研究。

2 城市轨道交通与牵引变电站混合储能

在城市的发展进程中，城市轨道交通所指的主要就是通过轨道列车来运输人员，整体系统具备着速度快、运输量大以及安全性高等多种特征，而在城市轨道中固定使用的车辆，则被称之为城市客运交通系统，这些系统都属于城市轨道交通的范畴中。而在城市轨道交通的牵引变电站当中，其混合储能的安装相对较为复杂，储能系统内部所采用的主要为双向变换器，可以在其中直接引入牵引网的变换电压等级，并且还能够以此为基础来对电流的功率与流向进行科学合理的控制，这样就可以有效满足灵活放电的基本需求。除此之外，在整体牵引供电系统当中，如果出现了列车牵引的问题，混合储能就可以向着直流牵引网输出一定功率，从而为牵引变电提供出更大的能量，而列车在进行制动时，由于再生制动能量很难被列车直接吸收，就可以通过混合储能来将这部分能量进行回收，这也有利于整体能量利用率的稳步提升 [1]。

3 城市轨道交通的发展现状与牵引供电系统

3.1 城市轨道交通的发展现状

城市轨道交通，其属于在城市内部通过轨道列车运输方式所形成的交通系统，具备着速度快、节约用地资源以及安全性高等多种特征。城市轨道交通的列车编组辆数比较多，并且具备着极强的运输能力，单向高峰时刻，在每小时甚至能够运输 6~8 万人次，地铁运输则在 3~6 万人次左右，最高情况下可以达到 8 万人次。由此可以看出，城市轨道交通的运输能力要远高于那些公共汽车等交通工具。同时，城市轨道交通由于其主要是在专用车道上运转，也不会受到其他各类交通工具所产生的影响，完全杜绝了线路堵塞等问题的发生概率，属于一种能够全天候运转的交通工具。同时，轨道列车可以根据预先制定好的运行图运转，具备着更高的准时性。并且城市轨道交通系统的载客量比较多，这样不仅可以降低汽车的交通量，城市内部汽车排放的噪声与废气也会逐步降低，可以对城市内部的环境起到良好的改善作用。而在世界各大主要城市当中，城市轨道交通的运输量大约占据了整体交通系统的 50% 左右，一些特殊情况下还可以达到 70%，地铁以及轻轨所采用的主要动力就是电能，相对于汽油等动力能源来说，不仅可以有效节约能源消耗，也能够解决尾气排放的问题。由此可以看出，轨道交通属于城市内部交通系统发展的主要方向，同时也是优化城市交通情况，并缓解交通拥挤问题的具体措施 [2]。

3.2 牵引供电系统

在城市轨道交通中，其所用的交通供电系统主要分为外部电源、牵引供电系统、动力照明系统以及主变电所等多种内容。而其中的牵引供电系统，能够将交流过程中牵引变电所的降压进行整流处理，将其有效转变为 1500V 以及 750V 的电压，并通过接触网来为城市轨道列车进行牵引供电，接触网还可以进一步划分为接触轨式以及架空线式这两种类型。其中，架空式接触网由于内部所采用的悬挂形式存在差异，还可以分为刚性架空接触网以及柔性架空接触网；而接触网大多数情况下被称之为第三轨，接触轨系统属于一种沿着线路逐步敷设，并且专门为电动列车提供电能动力的系统。牵引变电所主要就是在城市轨道交通供电系统的主变电所部位来获取对应的电能，而后通过整流以及降压处理过后，转变为列车正常运转所需的电能资源。通常情况下，城轨牵引供电系统内部所采用的主要为直流电模式，相对于传统的交流馈电制式来说，这种直流电流制式具备着调速便捷性、控制性以及范围性较大等特征，后续的牵引制动也十分平稳。

4 城轨牵引供电系统调度技术的具体措施

4.1 基于直流微网的城市交通传动系统平台

在城轨交通的传动系统试验平台当中，在构建平台时可以利用超级电容储能系统以及电池等设备来对牵引系统内部所产生的制动能量进行回收，以此来逐步降低牵引系统所产生的磨损问题，在最大程度上提高牵引系统内部制动能量的利用率。而采用的电池则要保证其能够满足能量的日常储存需求，确保电容能够在制动功率变化以及牵引系统牵引变化时可以有效发挥作用，通过协调控制的方式来发挥出性能优势。第一为平台通讯层，其中通过分层控制方式，可以采用上层监控调度系统，而底层设备主要负责对上层调度系统当中所下发的各种指令进行调度，从而满足负载；第二为平台设备层，城市交通传动系统平台内部的交流电机回馈系统，其大多采用的为 30kW 通用变频器、30kW 变流异步电机以及 75kW 的交直变流器。在整体异步电机组当中，其中一台属于牵引电机，可以对列车所具备的牵引特性展开科学合理的模拟，而另一台则是配试电机，能够模拟列车运行负载当中所产生的受力情况，还可以将牵引能量直接反馈到交流电网当中，从而有效降低配电网的备用电容 [3]。

4.2 城市交通传动系统平台的运转

平台内部所采用的各类后台管理软件，可以与设备一同进行一次指令的下发，满足不同数据信息之间的交互需求，在应用控制台启动设备的前提下，其接收到指令过后，后台管理软件就可以将这部分指令直接发送到底层设备当中。而后续的实验环节，应当在每一个采样点部位来采集对应的电机工况以及储能系统荷电状态等数据信息，通过调度算法进行准确计算，而采用调度算法的方式就可以获取到与之对应的指令内容，通过后台软件来实现变频器所发出的指令动作。在整体实验完成过后，利用控制台就可以直接停止设备，在后台管理软件收到对应指令后，就会发出停运指示。而如果采用利用实验验证平台监控调度软件的方式，就要在后台管理软件全面启动过后，对涉及的通讯系统展开初始化处理，使其内部所用的电机可以保持 30Hz 左右的转速，在超级电容启动过后，系统就可以直接发送出 15A 的电流指令，引导超级电容直接放电，这样就能够有效降低网侧的电流。

4.3 牵引供电系统混合储能实时调度策略

由于牵引负荷所产生的变化较为剧烈，这就需要进一步结合超级电容以及电池在功率特性与能量特性方面存在的互补性，引导电池来承担牵引负荷波动当中的低频分量，通过超级电容来承担牵引负荷波动的高频分量。

首先，应当根据低通滤波原理来对混合储能进行实时功率分配，在混合储能的实时调度过程中，要优先解决牵引变电站与混合储能之间存在的实时功率分配问题，而由于 DFT 与 IDFT 之间产生的变化，这可以根据已知的负荷功率与复合曲线进行分配，很难进行实时性计算，而通过优化算法的计算就可以准确得出牵引变电站混合储能，并根据 DFT 以及 IDFT 的补偿功率分频点，利用电池与超级电容之间存在的分频点来当作低通滤波算法的频率截止点。

其次，要优化牵引变电站所采用的混合储能协调控制措施。通常情况下，牵引负荷波动中的功率部分，都是由混

合储能所提供的，电池可以有效提供出负荷功率方面的低频分量，超级电容可以进一步提高负荷功率的高频分量，并根据预先制定好的混合储能计划，明确其与离线调度计划之间存在的偏差，从而通过混合储能系统的充放电能力来对电池与超级电容的理想充放电功率展开科学合理的调整，对牵引变电站的离线出力计划进行调整。

最后，要根据 SOC 储能系统来对修正策略进行控制，通过储能系统可以对实时负荷以及功率波动进行补偿，由于其中与离线补偿负荷功率之间存在一定程度的差异，这就会导致储能系统离线充放电功率与实际功率之间所产生的偏差呈现出一种不断累积的状态，储能系统调度计划的调整量也会逐步提高，为了有效降低储能系统的实时荷电状态与离线状态之间所产生的差异，就应当通过 SOC 来对实时波动引发的偏差量进行修正。如果储能系统的实时荷电状态相对于储能系统的离线荷电状态，整体超出了 10% 左右，那些超过的部分就要利用电池进行承担，电池的超出部分则应当由牵引变电站所承担 [4]。

4.4 城轨牵引供电系统调度的发展

在城规牵引供电系统调度工作后续的发展进程中，电力调度岗位必然会向着智能化的方向发展，这也属于整体电网发展所提出的客观需求。而智能化的电力调度，主要就是在自动化技术所提供的支持下，通过先进的集成措施来高效整合城规牵引供电系统当中的各类资源，对基本的电力系统进行优化，从而对其基本的运转状态展开动态的实时监控，做好与之对应的安全防护工作以及故障预警工作，在最大程度上提高故障的处理效率。而在智能化的电力调度工作当中，具体包括了人性化的展示引擎、智能化的应用功能以及统一化的储存数据信息库等，通过各个结构之间的协调与配合，可以更好地实现城规牵引供电系统中电力调度岗位的智能化发展。

5 结语

综上所述，在当前的社会发展进程中，城市轨道交通已经成为群众日常生活中必不可少的一部分，为了确保城市轨道交通能够有效发挥出自身作用，就必须要提升对于牵引供电系统调度技术的重视程度，通过构建城轨储能平台监控调度系统的方式，确保整体平台可以协调运转，以此来对平台内部各类监控调度软件的监控性以及可调度性进行优化。还要根据实际情况制定出混合储能的实时调整措施，以此来大幅度降低牵引供电系统当中各类问题的发生概率，保证城市轨道交通能够始终处在一种安全稳定的运转状态中。

参考文献

[1] 刘宇嫣,林飞,杨中平.城轨交通地面储能系统的能量管理策略综述[J].都市快轨交通,2021,34(6):9-17.

[2] 吴晓波,金泰木,蒋露晴,等.城轨列车节能措施研究[J].电气应用,2021,40(10):38-42.

[3] 李红波,丁荣军,张超,等.城市轨道交通智慧牵引供电系统[J].机车电传动,2021(3):1-8.

[4] 韩孟,蒋大庆.城轨牵引供电系统调度技术探析[J].交通世界,2018(21):176-177.