

城市轨道交通交流牵引供电系统及其关键技术

赵梦琪

石家庄市轨道交通集团有限责任公司运营分公司

[摘要]通过城市轨道交通牵引供电系统,不仅给人们带来方便,实际也会隐藏安全隐患。本文对城市轨道交通交流牵引供电系统及其关键技术进行深入探究,为从业人员提供有效参考依据。

[关键词]城市轨道交通;交流牵引;供电系统;关键技术

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1611

一、城市轨道交通牵引供电系统

科学技术的迅速崛起,对全球国家发展带来很大影响,城市轨道交通也是如此。国内外许多国家为了给人们交通提供便利,通常利用城市轨道交通牵引供电系统为主,具体包含交流和直流两种方式。现如今,城市交通日益发展完善,相关领域研究人士将两种供电形式相结合,形成双制式供电系统。牵引供电系统主要是给电动机车、轻轨、地铁等提供充足电力,科学选用牵引网络实现电流传送。这种系统主要以电流输出为主,电压强度大,成为供电系统相关类型的集合。城市轨道交通供电系统会与人们日常生活和交通出行可靠性有着直接联系,甚至还会包含工程项目、项目建设规范、项目投资等,都会引起国内外相关人士的关注。以下将针对牵引供电系统两种制式进行深度介绍^[1]。

首先是直流制。城市中的变电所、牵引网和接触网的设计和建设通常使用直流供电方式。这种形式的牵引网使用双边供电方式,如果出现线路故障就会使用双边供电方式,有效起到跨越性供电作用。除此之外,直流制供电方式还可以借助分散电流保护制度。直流制也能将电流分散到每个网络层面,同时还能实现远程输送效果。但是因为变电模式的影响,促使供电距离较短,给相关部门增加许多投资成本,甚至还会降低传输效率。因此,对于直流制在城市交通系统中的应用不具有很多优势。

其次是交流制。交流制牵引供电系统,大多数使用25千伏特的交流电实现有效传输,牵引变电通常使用单向衔接方式,变电所内部配置两种变压器,这两种变压器使用双绕性单向变压形式,与其形成三角形结构额,其中对接电网端口是高压两侧端口,由公共端口和开口端口组成,而接地端口是一个低压公共端口,其他端口分别与牵引母线进行有效衔接。这对降压系统来说,不仅要包含终端降压,还要在线路布设区域安装加压系统额,为当前地区起到基础照明效果。在实际中,由于这种系统处于长期动态运行情况下,触动压力持续增加,面对这种情况必须借助交流制牵引供电方式降低磨损程度,保障设备应用质量。

二、城市轨道交通交流牵引供电系统组成

(一) 主变电所

对于同一直流牵引供电系统,变电所与其应用效果相同,城市轨道交通交流牵引供电系统中,主变电所存在是为了确保全过程系统运行获取足够电源,通过不同运行线路必须配备两组独立电源装置,分别是牵引电源和动力照明电源。经过外界引导由110kv逐渐上升到220kv,同时经过单相变压器逐步形成20kv-35kv

之间,而单相变压器两端分成牵引电缆和回流电缆两部分,将正线导入到牵引变电所,有效形成稳定运行效果。其次,三相变压器待完成降压之后,需要通过三相电缆将电力传输到正线变电所有效发挥照明作用。因为在实际应用中通常使用的是工频单相供电功能,是不对称电压负荷的一种形式,不利于电力系统能够有效运行,很容易出现负电流情况,同时负电流对城市轨道交通和其他电动机车运行造成直接性影响,甚至导致内外功能损坏严重,大幅度降低应用期限。所以,针对主变电所还需在其内部安装负压补偿功能,但是在应用过程中会对线路各方面感性和容性带来或大或小的影响,不利于牵引供电系统内部运行功率稳定,甚至还会对设备和线路运行造成很大损伤,只有在主变电所内安装针对性补偿功能,才能在实际运行中降低损耗、磨损问题。

(二) 牵引变电所

牵引变电所位置的确定还需结合当前城市整体规划和交通负荷程度,对于直流牵引变电所距离必须严格控制,并且针对用电主线通常与单母线方式,而配电变压器主要包含母联开关柜两侧,有效起到备用作用,更好增强其安全性和稳定性,利用低压开关柜实现内部照明、通信以及提供电力等效果。牵引变压器是由单相变压器独自完成衔接,使用双绕性单相变压器,将高压侧两端借助上级牵引变电所导入牵引电流中,另一侧则为低压与钢轨相结合,将其分别连接接触网和接触轨道。因为各种牵引变电所电源来源于主变电所牵引电源,与分关系不大。因此,牵引变压器是单相器与低端实现并联,快速达到城市轨道交通牵引两侧供电系统运行要求。

(三) 保护配置

与直流牵引供电系统相同,是由开关柜、保护功能组成,有效保障微机运行安全。交流供电系统变电所内部不能设置分散电力保护装置,并且也无法对牵引设备运行实现安装。

针对环网进出线柜,其中包含高压电源线、独立牵引电源线,安置光纤有效起到主体保护作用,选择电流作为线路运行备用保护功能;主体系统备用保护应当选择低压电流保护、零序过电流保护等功能,充分保障其使用安全^[3]。

对于牵引变电柜主要是指单相变压器,通常使用牵引线路和回流线路,牵引路线选择电流速断和电流保护以及负荷保护,牵引变压器一旦在运行中发生故障,可以通过电力速断有效起到保护作用,快速拦截电路完成跳闸工作;主体系统一旦超出规定温度,立即借助关键衔接点迅速传输到保护装置中断电器终端,待系统接受信号之后,能够拖延跳闸时间。

对于交流上网馈线柜,应该根据直流馈线保护功能,选择与系统相符的保护作为主体保护功能,并且将电流速断、双边

联跳等作为备用保护。

因此，对于上述城市轨道交通交流牵引供电系统的描述，清晰了解其内部设备中所有应用功能和基础特点，从实际解决负电流、电源分相等常见系统故障，同时根据交流单相牵引供电系统运行真实状况为选择设备提供准确依据，安装完整保护配置，以便交流单相牵引供电系统在城市交通中实现合理应用。

三、交流牵引供电系统的关键技术

(一) 确定牵引变电站位置

牵引变电站位置选择和确定流程极为复杂，不会每个列车站安装牵引变电站，而变电站位置的确定都需要结合实际情况，从多方面考虑问题，例如牵引系统网络结构、牵引系统电压等，都必须要求相关人员清晰掌握牵引供电网络中隐藏的许多故障，根据相关数据明确推算出相关影响因素，快速采取针对性措施加以防范。

(二) 牵引百能电站电气主接线

待相关人员确定变电站实际位置之后，还可以借助母线结合不同情况进行工作，比如在变电站内引出母线，将其分成两部分信息传输系统，由于电压数值相同，可以在一个变电站内配置两个整流器，同时在母线引出位置内按照两根线管顺利开展，这种操作优势在于整流器一旦不能正常工作，能够利用另一个整流器协助系统持续工作，不会对供电系统造成效率影响，不仅达到系统运行需求，还能通过直流馈线进入到供电系统内，同时运用独立区域接触网实现全面供电，这种操作目的是当供电系统内两个整流器无法运作之后，快速采用接触网形成基础供电，避免对供电系统造成不利^[4]。

(三) 牵引变电站继电保护配置

城市轨道交通牵引供电系统涉及很多保护装置，可以采用整流器对其加以保护。第一，电流速断保护装置。这种装置在应用过程中及时发现母线和馈线运行问题，并且对其起到全面保护作用；第二是反时限电流保护。这种方式是为了保障电路运行平稳，如果在实际运行中电路发生故障，导致负电流极具增加，保护装置在预测到危险时会立即启动，从根源阻碍系统故障恶化；第三是牵引变压器时限过流保护，成为供电系统备用保护装置，一旦出现故障，可以缩短时间，提高效率，达到预期防范效果；第四是温度保护。这种保护方式重点围绕变压器展开。如果变压器在运行中温度过高，该设备及时发出预警信号，快速启动保护装置；第五是二极管保护，当电路内部二极管使用中发生不可控现象，可以快速启动保护装置，尽可能降低影响。

(四) 交流牵引供电系统

在上述内容已经明确提到，现在我国城市轨道交通行业正在迅速崛起，让更多城市加强注重这种交通工具，导致数量极具增加额，甚至有很多发达城市开始建设多元化轨道交通网络，这些轨道交通网络中的供电系统，主体是交流牵引供电系统，直接替换直流牵引供电系统，而交流牵引供电系统应用优势在于其功率强、经济成本低、操作简单等，但是在实际应用中依旧会存在明显问题，很容易在小型电网中出现分相，阻碍电磁正常进行。

(五) 基于第三轨的供电技术

这种技术在城市轨道牵引供电系统设计中实现广泛应用，第三轨材料质量提出高要求，大多数会使用钢铝复合材料，其应用优势在导电功能极强，大幅度降低牵引供电系统内部供电功能，并且与馈线电缆无关系，大幅度减少牵引供电系统经济。第三轨供电技术在正常应用过程中，其基础设施包含底座、接触轨等，比较常见的是温度伸缩接头，能够从实际减少接触轨热胀冷缩问题。

四、城市轨道交通牵引供电技术的发展

(一) 再生制动和储能吸收装置

在直线牵引系统中，因为中间层会包含整流工序，而再生制动发出的大量热量不能反方向传输到电网中。基于此，设计储能吸收装置，可以在一定程度上保管这些能量。再生储能装置具体分为地面储能和车载储能两部分，因为二者在功能上极为相似，接下来以车载储能设备为例进行分析，其自身具有良好节能功能，同时在制动过程中有效起到高效储能能量作用，并且在日常使用中呈现出快速启动、无电区域、成本高等特征，充分降低轨道摩擦力度，尤其是在无电状态下，会短时间内实现驱车，为列车开动提供很好便捷效果。

(二) 轻量化设计

针对城市轨道交通，功率的密度提高速度越快，机车能源损耗就会越少，这是轨道交通轻量化设计的最终目标。由于牵引供电系统在列车内配有相同装置，成为机车承载的主体，促进机车内供电系统向着轻量化方向进步，节省大量电能。首先是高频化。利用先进功率构件，同时对其加强优化，从具体来说是借助常规电容、电抗等从实际替代高频率功率配置，大幅度降低机车重量，成为实现轻量化 的第一步。其次是轻量化车厢。针对轨道列车而言，车载变流器箱体重量很大，并且普通钢铁结构箱体比较笨重，可以引用新型铝合金箱体，防止车厢磨损，有效起到防腐效果，成为轻量化设计的主体优势。

总结

牵引供电系统在轨道交通中占据主导地位，不管是在那种牵引状态下，都必须保证设计合理，并且要求牵引供电系统更加可靠、安全。与此同时，随着科学技术的快速进步，轨道交通牵引系统关键技术也开始发生新的变化，尤其是在功能、结构、运行等方面，都应当正确带领城市轨道交通牵引供电系统向着未来方向完善，为城市人民群众交通提供诸多便利。

参考文献：

[1] 胡海涛, 郑政, 何正友, 魏波, 王科, 杨孝伟, 魏文婧. 交通能源互联网体系架构及关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2018, 38(01): 12-24+339.

[2] 陈霞, 韩春白雪, 张晔, 邓文丽, 王蓝, 张丽, 戴朝华. 城市轨道交通光伏发电系统的应用现状及发展趋势[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 04(06): 166-171.

作者简介：

赵梦琪(1993-)男, 汉, 河北石家庄市、本科、助理工程师、电客车司机、研究方向轨道交通方向。