

城市轨道交通供电系统无功补偿方式的探究

田增勇

中铁电气化局西安电化公司 陕西 西安 710000

摘要: 轨道交通列车的动力来自于牵引供电系统,它担负着为电动列车和各种运营设备提供电能的重要任务,因此必须确保电力牵引供电系统安全可靠供电。而无功功率在供电网络的传输中不仅要产生有功功率损耗,而且还会产生电压损失,影响电能质量。基于此,本文将着重分析探讨城市轨道交通供电系统无功补偿方式,以期能为以后的实际工作起到一定的借鉴作用。

关键词: 轨道交通; 供电系统; 功率因数; 无功补偿

引言

城市轨道交通供电系统会产生感性与容性两种无功。重载时线路以感性无功功率为主,交通高峰时段与休车时段的牵引负荷、动力照明负荷等有较大差异。受电缆充电无功效应影响,会向电力系统倒送大量容性无功功率,运营部门电力资源严重浪费。而轻载时线路产生的容性无功会影响电网安全运行与功率耗损。对此,根据实际运营情况合理选择无功补偿方式意义重大。

1 轨道交通供电系统概念分析

轨道交通供电系统(英文名称:Power supply system for urban rail transit)是指电流经过高压输电网、主变电所降压、配电网络、牵引变电所降压、换流站等多个环节,为城市轨道交通系统中的车辆以及控制台传输电力的系统总称。轨道交通供电系统主要有两大部分组成,一种是对牵引变电所输送电力的专用外部供电系统,这部分也被称为牵引供电系统的“外部供电系统”或“一次供电系统”;另一种是地铁供电系统,这部分也被称作“牵引供电系统”。

2 无功补偿的必要性

一般来说国内的轨道交通在建设的过程中都会铺设大量的电缆来保障供电系统的稳定运行,电缆的充电无功功率非常大。另外轨道交通无功波动较大,且在轨道交通停运之后,牵引负荷大幅度降低,无功功率相对增加,导致夜间功率因数降低。随着城市化建设的不断推进,当前国内对于轨道交通线路功率用电消耗等方面有着系统的规定,在国家统一标准中功率因数调整电费增减查对表中对轨道交通线路的用电有着较为明确的规定。如果轨道交通运输的过程中在轨道交通的非高峰运输时段出现容性无功倒送情况,属于违规情况并会受到一定的罚款。对于城市轨道交通线路而言,在日常运行的过程中对电量具有非常高的需求,电费也是日常运行中的成本的重要组成部分。因此如果能够有效保障轨道交通运行过程中将功率因数控制在0.95~1.0的优质区间之内,就能有效避免多余的罚款和电费,保障城市轨道交通的运营效益。因此需要对无功补偿进行研究,在线路的主变电所位置建设无功补偿装置,从有效提高功率因数,提升企业经济效益^[1]。

3 城市轨道交通供电方式

城轨交通变电所可分为主变电所、牵引变电所、降压变电所三类。主变电所接线方式主要有内桥接线和线路—变压器接线两种形式。主要承担向全线提供可靠电源的任务,将来自城市电网110kV电源降为35kV电源。

牵引变电所一般设置在站台层,一方面有利于节省设备投资,安装调试方便,另一方面使得设计总体紧凑,节省土建工程投资。降压变电所担负向车站、区间动力系统、照明系统提供电源的任务,广泛用于每个车站将中压35kV或10kV电源降为380V或220V。一般情况下,供电方式按照区域可分为以下几种。

3.1 分散供电方式

与集中供电方式不同,分散供电方式不需要建设专门的主变电所,而是从附近的城市电网引出电能供给牵引变电所和降压变电所。在这种供电方式下,城市电网不仅需要为轨道交通牵引变电所和降压变电所进行电能供应,还要提供电能给附近的用户,这就导致该供电方式很容易受到附近居民用电的影响,从而降低供电的可靠性。

3.2 混合供电方式

混合供电方式即上述两种供电方式的联合利用,其中集中供电方式占主导地位,分散供电方式进行辅助。例如10kV的中压环网,其末端电压损失不能超过10kV的5%,即末端电压要高于9.5kV。如果中压电网末端的电压损失难以满足供电要求,则需要应用分散供电方式,从附近的城市电网引入中压电源,为集中供电方式提供辅助作用^[2]。

3.3 集中供电方式

集中供电方式主要指的是在城市轨道沿线建立几座外部供电系统的主变电所,为牵引供电系统的牵引变电所以及动力照明系统的降压变电所提供电能供应。集中供电方式的基本特点为:所建设的主变电所的一次侧电源需要从上一级110kV高压区变电所引入独立电源,建立独立的供电体系,因此,该供电方式具有较好的供电可靠性,不受其他负荷影响,维修管理较为便捷。

4 无功补偿方式分析

补偿方案的选择与供电局考核点有关,由轨道交通供

电系统组成及负荷构成分析,其无功特点是:电缆无功影响大;夜晚停运功率因数低,无功倒送;无功波动大;存在冲击性负荷。目前供电局一般要求用户自身功率因数达到要求即可,至于输电110kV电缆无功倒送问题,在后期负荷升高后自然抵消或是在变电站110kV馈线端加电抗器解决。为达到地铁中压网络中的无功平衡,一般在主变电所设置无功补偿装置进行集中补偿,以改善高压侧电源的功率因数,提供降压变电所的电压和补偿变压器的无功损耗。各地根据自身情况在不同时期,相应的技术条件下选用了以下的集中补偿方案:(1)采用电容和电抗器进行无功补偿;(2)静止无功补偿器(SVC);(3)静止无功发生器(SVG)^[3]。

4.1 采用电容和电抗器进行无功补偿

电容器向系统输入无功,主要采取无功电流方式,所需无功设备可从电容器获取无功,无须从变压器获取,电能随之节约,电容器负载率随之增大。电抗器无功补偿作用如下:(1)防涌流,最典型的为阻尼电抗器。(2)将调谐-谐振点调至133HZ、189HZ、204HZ,能够有14%与7%、6%的电抗器。(3)在无缘滤波器中将谐振点调至谐波附近,会与电容发生串联反应,从而形成对谐波的低阻抗回路,对系统谐波有被动吸收作用。电抗器多在电容器补偿时发挥滤波与调谐的补偿作用。电容器与电抗器的无功补偿方案成本低,但无功补偿效果并不理想。除此之外,慢速度的投切不能满足负荷变化频率较大的场合应用,易产生过补偿或补偿不足等问题。引起某次谐波放大或谐振等问题,将直接影响供电系统正常运行。

4.2 静止无功补偿器(SVC)

静止型动态无功补偿装置即Static Var Compensator(SVC)是目前国内外解决这一系列问题普遍采用的方法,在无功负荷接入点处接入SVC装置后,无功负荷冲击得到抑制、高次谐波得到滤除、三相电网得到平衡、PCC点电压得到稳定和提高了电力系统的稳定性。TCT型SVC,TCT名称含义是晶闸管控制变压器(Thyristor Controlled Transformer,简称TCT),结合其实际用途,把它理解成晶闸管控制变压器型可调电抗器。TCT实际上是将常规TCR中的耦合变压器和电抗器合二为一。TCT组成:高阻抗变压器本体+晶闸管阀+控制器。原理:晶闸管阀连接在高阻抗变压器本体的低压侧,通过调整晶闸管阀的导通角,改变低压绕组电流,高阻抗变压器高压绕组的电流立即会按相应的匝数比改变,从而改变TCT无功功率大小。通过晶闸管控制变压器的副边电流,从而控制原边连续变化的感性无功功率,当晶闸管完全导通时,相当于副边短路运行,此时输出感性无功功率最大,即达到可控电抗的额定容量。TCT特点:(1)响应速度,全波采样需要20ms,半波采样10ms。(2)可靠性,本体是高阻抗变压器,抗冲击能力强,晶闸管运行在变压器的低压侧;(3)结构,TCT的结构简单,经过简单的培训就能操作。(4)噪音,TCT的整个磁路上没有饱和的区域,不会

因为磁滞伸缩的作用产生很大的噪音,TCT上没有大功率风扇等运动部件发出噪音。(5)损耗,与其他可调电抗器不同,TCT的整个磁路上没有饱和的区域,铁损小;TCT磁场不会泄露到本体外部,附加损耗小^[4]。

4.3 静止无功发生器(SVG)

静止无功发生器StaticVarGenerator,简称为SVG。其基于电压源型变流器的补偿装置实现了无功补偿方式。是通过大功率电力电子器件的高频开关实现无功能量的变换。具备如下主要功能:(1)在电力系统扰动情况下,提供有效的电压支撑;(2)提高输电系统的静态和动态稳定性;(3)降低暂态过电压;(4)阻尼系统的低频和次同步振荡;(5)减小电压和电流的不平衡,抑制不对称负荷;(6)减小由于电压波动引起的闪变;(7)增加输电线路的有功功率传输容量;(8)滤除流入系统的谐波电流。如下主要功能:(1)在电力系统扰动情况下,提供有效的电压支撑;(2)提高输电系统的静态和动态稳定性;(3)降低暂态过电压;(4)阻尼系统的低频和次同步振荡;(5)减小电压和电流的不平衡,抑制不对称负荷;(6)减小由于电压波动引起的闪变;(7)增加输电线路的有功功率传输容量;(8)滤除流入系统的谐波电流。SVG是目前最先进的无功补偿设备,目前全国范围正大力推广,但其技术还在发展阶段,维护率较高,有待在运行中进一步考验^[5]。

5 结束语

轨道交通供电系统无功补偿方式的选择,应当在环保与日常负荷曲线、负荷类型等因素上展开综合性研究,以选择最佳的补偿方式。SVG是目前最先进的补偿装置,其无谐波与响应快等优势特征,显著提升了供电系统的稳定性,但维护率高等问题不能忽视,还需加强研究,以最大程度发挥SVG补偿方式的性能优势。

参考文献:

- [1]余邦.城市轨道交通供电无功补偿设备安装及容量的确定[J].山东工业技术,2015(09).
- [2]李鲲鹏,吴柳青.地铁供电系统无功补偿方案[J].低压电器,2016(02).
- [3]王刚,王锐.城市轨道交通供电系统的供电方式研究[J].中国新技术新产品,2015,(05).
- [4]孙永革.基于磁控电抗器的城市轨道交通供电系统工程无功补偿装置研究[J].黑龙江科技信息,2017(16):99-100.
- [5]郑勇峰.浅谈动态无功补偿(SVG)设计在城市轨道交通供电系统中的应用[J].科技创新与应用,2018(3):128-129.

作者简介:田增勇,1986.1,汉族,男,山东章丘,工程师,本科,研究方向:铁道供电、城市轨道交通。