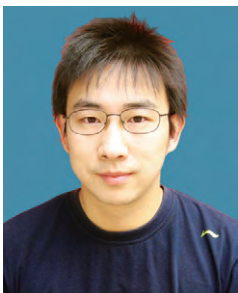


基于车载超级电容的现代有轨电车牵引供电方案研究

对基于车载超级电容模式下的牵引供电方案进行论述。从中压环网的选择、充电站的系统构成以及运行方式等几个方面论述了供电系统的构成方案。随着城市化的步伐不断加快，利用现代有轨电车，实现无接触网的牵引供电模式是符合时代要求的，也是有轨电车未来的发展方向。

霍长龙/中铁第一勘察设计院集团有限公司

0 引言



霍长龙/硕士研究生

近年来现代城市有轨电车发展迅猛，以广州海珠区新型有轨电车试验段工程为代表的现代新型无网供电模式越来越受到广泛关注。随着超级电容技术的进步，使用超级电容作为机车的储能元件，不仅能够为机车提供足够的能源，还能有效地回收机车制动产生的能量，在列车加速时再利用，能够有效减少牵引供电电能消耗，改善供电质量，降低运营用电成本，实现绿色节能化。

本文简要分析基于车载超级电容方式下的车站充电全线无网的牵引供电方案。

1 中压环网供电网络

中压供电网络可分为单环网以及双环网两种，单环网的充电站主接线应为单母线不分段，双环网的充电站主接线应为单母线分段系统。

1.1 单环网形式

电源引入点车站主接线采用单母线分段形式，每段母线引入一回10 kV进线，其他各站均采用单母线不分段形式，全线充电站通过10 kV开关柜串联形

成手拉手的单环网供电方式。由于电源引入点的车站采用单母线分段的接线形式，引入两路独立的电源，可以满足牵引负荷用电来自两路独立电源的要求。单环网形式示意图如图1所示。

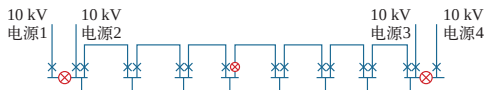


图1 单环网形式供电示意图

1.2 双环网形式

充电站均采用单母线分段接线方式，通过10 kV开关柜连接形成双环网供电方式。正常情况下，母联开关处于断开状态，两回进线分别为两段母线供电；当一回进线故障时，闭合母联开关，由另一回进行供电。双环网形式示意图如图2所示。

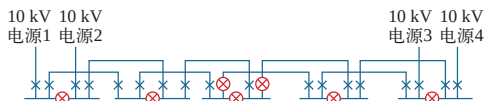


图2 双环网形式供电示意图

中压网络采用何种形式，既要能满足系统运行要求的各种技术指标，使供电系统安全、可靠地运行，又要能节约工程投资和以后的运营管理费用。

由单环网和双环网接线形式可知，双环网形式供电可靠性很高，单环网形式可靠性相对较低，但能满足供电要求。单环网形式每座充电站只一回进线和一回出线，接线简单，设备数量少；双环网形式每座充电站有两回进线和两回出线，并设置有母联开关，接线

关键词/Keywords

现代有轨电车 ·
牵引供电 ·
车载储能 ·
超级电容 ·
充电站 ·

复杂，设备比单环网多，且电缆数量也比单环网多，区间电缆的敷设难度大，设备占地面积也比单环网大。从工程投资上说，双环网形式投资造价较高。

综上所述,中压网络10 kV开关柜采用安全可靠的GIS设备,设备可靠性高,发生母线故障概率较低,可以满足供电负荷要求。对于城市有轨电车系统而言,单环网结构简单,工程投资少,施工难度和管理难度小。因此单环网接线更适合城市有轨电车系统。

2 充电站的设置方案

本文论述的充电站设置方案是全线不设置架空接触网,采用储能式的现代有轨电车,利用超级电容提供车辆行驶所需要的能耗,实现无接触网运行。仅在车站内设置充电授流系统,由车站附近的充电站为车载超级电容充电。

有轨电车地面充电站由交流中压系统开关柜、整流变压器、整流器、直流开关柜、负极柜、充电桩、自动控制系统及SCADA系统等组成。

地铁变电所通常采用单母线分段接线,在一段母线上设置两台12脉波整流变压器,两套整流器并联构成等效24脉波以减少谐波对电力系统的影响。

针对有轨电车系统，有以下几种方案。

(1) 24脉波整流变压器方案

系统采用24脉波整流变压器，变压器二次侧设置4个绕组。充电装置采用24脉波不控整流加多相Buck斩波电路。充电装置采用4个独立的斩波电路并联，每个斩波电路接入一个变压器二次侧绕组对应整流输出。系统构成示意图如图3所示。

系统采用24脉波整流变压器，可以设置一套充电装置，通过电动隔离开关分别接至上下行充电轨处。正行工况下，充电装置内置切换装置以及外设检测装置，能够满足同时为一台机车充电的需求。

由于充电装置内部模块化变流单元采用并联方式,当充电装置内部某个变流回路发生故障时,可以通过装置内部切除故障,满足充电需

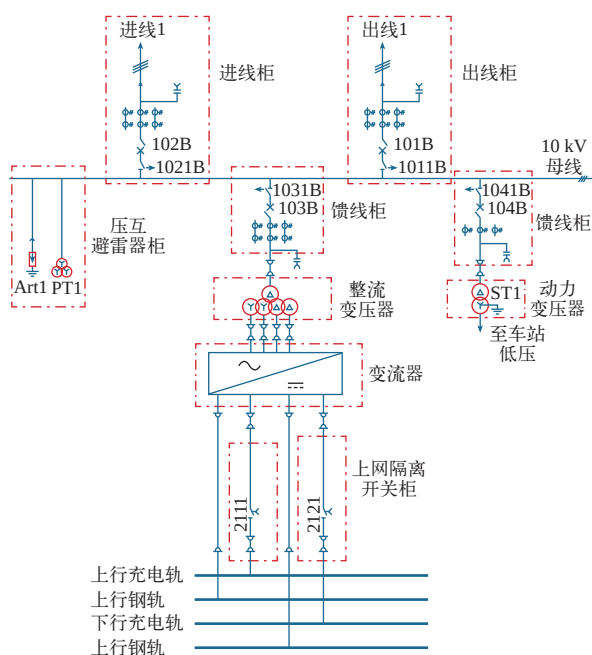


图3 基于24脉波整流变压器的系统构成方案

求。若充电装置退出工作,该充电站无法完成充电功能。

(2) 12脉波整流变压器方案

系统采用12脉波整流变压器，变压器次边设置两个绕组。充电装置采用12脉波整流加Buck斩波电路输出连续可调的直流电源。系统构成示意图如图4所示。

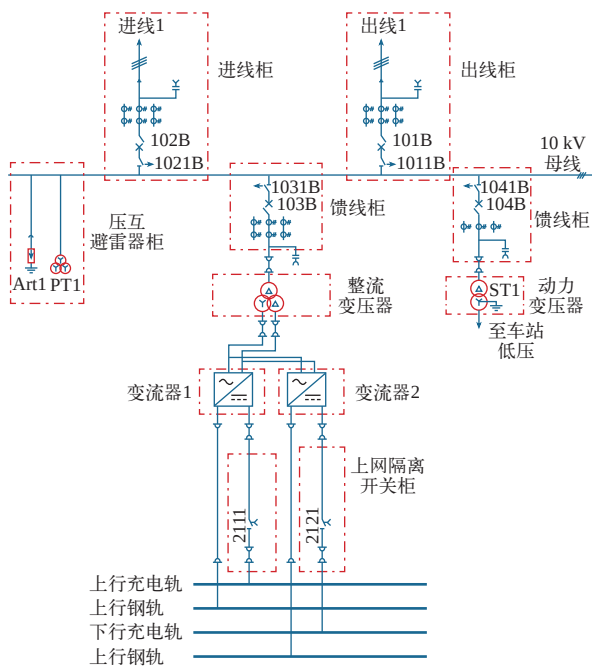


图4 基于12脉波整流变压器的系统构成方案

该方案在正常工况下，两个变流器同时工作，可以同时为上下行进站机车充电，当其中一台变流器发生故障时，另外一台整流仍能够正常工作。

(3) 12脉波整流变压器并联方案

系统采用12脉波整流变压器，变压器二次侧设置两个绕组。在充电站的一段母线上并联两台整流变压器，两套充电装置输出连续可调的直流电源。系统构成示意图如图5所示。

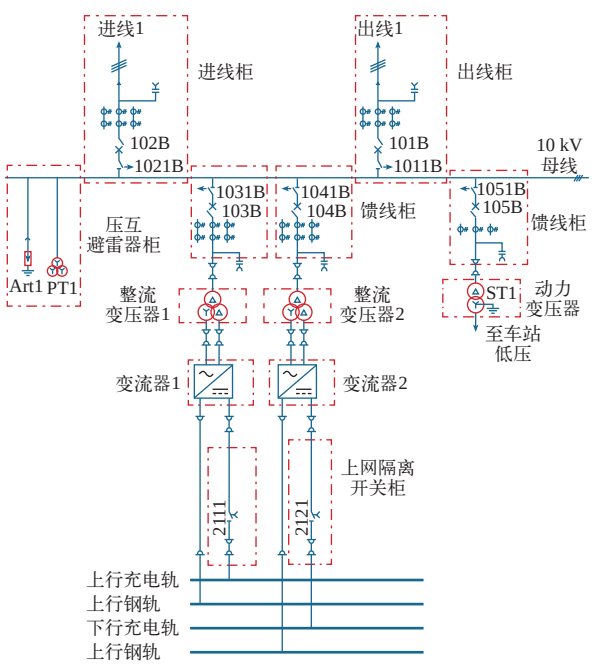


图5 基于12脉波整流变压器并联的系统构成方案

综上所述，上述三种方案在技术上均能满足系统要求。从可靠性方面看，方案1只设置一台整流变压器和一套充电装置，当充电装置或整流变压器发生故障时，该充电站退出运行；方案2、方案3可靠性较方案1更佳。从工程造价的角度出

发，方案2、方案3设备较多，充电站占地面积较大。尤其是现代有轨电车大多经过市区等较为繁华的地段，充电站规模较大，不利于征地。设备较多，前期投入较大。

结合超级电容机车的实际情况，理论上一台机车充满电能够运行2~3 km，并且有轨电车车站设置较密集，若某充电站因故障退出运行，对运营的影响有限。配合设置一定数量的移动充电装置，完全可以消除可靠性隐患。

方案1采用24脉波整流变压器，可以有效减少谐波对电力系统的影响，并且前期投资节省，可以通过设置一定数量的移动充电装置消除可靠性的隐患。因此方案1更加适合。

3 结束语

随着城市建设步伐的加快，实现环境友好的无接触网牵引供电模式的城市有轨电车是符合时代要求的，是有轨电车未来的发展方向。

本文对基于车载超级电容模式下的牵引供电方案进行了简单的论述。同时从中压环网、充电站的系统构成两个方面进行了简单论述。随着超级电容技术的发展，新型无接触网供电技术将是未来有轨电车的主流方向。

参考文献

[1] 蔡波，李鲲鹏．现代有轨电车无接触网牵引供电方式研究[J]．城市轨道交通研究，2015(1)．
[2] 杨峰．储能式有轨电车工程供电系统探讨[J]．技术探讨，2005(8)．

(收稿日期：2015-08-21) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告