[LED]

LED亮化照明配电系统浪涌电流问题及解决方法

文/深圳市达特照明股份有限公司　陈　平

通过分布式UPS的部署，配合无功补偿系统的改造和线路拓扑的改造，大幅度的提升了研究个案的电能质量。使其维修费成本从20.55元／天下降到了0.45元／天，系统的可用性和可靠性得到了显著提升。

终端电网因为各种原因造成的浪涌问题，是造成LED系统损坏的重要原因。终端电网的浪涌主要来自三个方面，其一是大容量无功设备的突然并入与自动梯度无功补偿器之间的同步问题造成大约2～4个周期的高电压。其二是周边电网的干扰导致的杂波混入。其三是开关故障导致的浪涌。因为雷击等原因造成的浪涌基本可以通过ZnO避雷器等设备成功滤除。

项目背景及现状

某公园的景观灯采用LED系统提供光源，LED灯的耗电总容量为13.775 kW。按照线路效率0.65计算，系统的总供电容量为21.193 kW。

因为以上系统用电来自多处300 kV·A、10/400变压器，园区内部东北角的300 kV·A 10/400变压器，园区中南部的300 kV·A 10/400变压器，所以电能质量难以保障。2013年7月公园投入使用至2014年7月一年时间内，系统因为浪涌影响系统损坏3 W照明灯具312个，损坏7.5 W照明灯具77个，损坏13 W照明灯具24个，损坏12 V开关电源266个，系统为更换配件出动维修工时431个。一年内因浪涌带来直接经济损失超过7 500元。

需求分析

首先明确在当前的10 kV网络中，浪涌难以避免，而300 kV·A 10/400变压器不存在智能化电能质量管理系统，其采用刚性电压控制的方式进行电压管理，所以浪涌可以轻易穿过变压器屏障。所以，在300 kV·A 10/400变压器之后构建安全保障设施，是当前系统得到保障的有效方式。

该系统因为400 V链路较长，所以采用了4台300 kV·A 10/400变压器联合供电的方式，在园区内布置了6个400 V电源控制箱，对独立划片的6个照明区域进行分别供电。其中6个区域的装机容量如下表所示。

表　供电负荷表

分区	3W设备/盏	7.5W设备/盏	13W设备/盏	总容量kW
1区	963	23	24	5.19
2区	744	19	26	4.18
3区	852	21	18	4.54
4区	533	22	17	3.06
5区	281	17	23	1.96
6区	307	11	37	2.29

通过对上述分析，本文计划在每个开关柜内部串联小容量UPS对电能质量进行管理。UPS主机搭载在定时开关组配线夹前方，开关柜主断路器后方。UPS运行模式使用在线运行。

经过UPS整理过的波形，频率误差小于0.3%，电压误差小于2%，相位误差小于0.02%。与系统内之前部署的梯度自动无功补偿设备配合，将系统内的浪涌减少。

系统设计

1．UPS选型

UPS的实际目的是解决电能质量的电压下陷、频率失真、谐波失真、相位偏移、持续欠电压、

持续过电压、浪涌、相位切换、闪断等九大常见质量问题。这些质量问题很容易造成LED灯具及其开关电源的损坏。使用UPS的最终目的是让300 kV·A 10/400变压器的刚性电能控制通过交直交方式变换为柔性电能控制方式。

因为UPS需要使用大量的线圈、电压比较器、谐振器和晶闸管，所以其造价成本随着容量的升高而升高。所以，使用分散式小容量UPS可以显著降低成本，提升本文系统的性价比。本计划在每个开关柜内部串联小容量UPS对电能质量进行管理。其中1区、2区、3区配置8 kV·A UPS，电池容量采用110 Ah×8布置，4区、5区、6区配置5 kV·A UPS，电池容量采用SHANTE UPS C10K 10 000 V·A/8 000 W电池为110 A·h×6布置。

SHANTE UPS C10K 10 000 V·A/8 000 W提供了8 000 W的额定功率，支持ESD IEC 61000－4－2 L4、RS IEC 61000－4－3 L3、EFT IEC 61000－4－4 L4、SURGE IEC 61000－4－5 L4等多种电磁控制接口，工作环境0～40 ℃，环境相对湿度20%～90%，完全适应于户外机柜工作环境的苛刻要求。

因为SHANTE没有提供5 000 V·A容量的机型，其8 000 V·A之下便是2 400 V·A，所以，为了实现5 000 V·A的最佳性价比，采用GES－RT5K 5 kV·A/4.5 kW作为4区、5区、6区的UPS支持。系统同样支持ESD IEC61000－4－2 L4、RS IEC61000－4－3 L3、EFT IEC61000－4－4 L4、SURGE IEC61000－4－5 L4等多种电磁控制接口，工作环境要求与SHANTE系统类似，只是价位较SHANTE略高10%。使用GES－RT5K 5 kV·A/4.5 kW比使用两台SHANTE UPS C3K 3 000 V·A/2 400 W更具有经济性。

2．无功补偿改造

当前系统的4个无功补偿器分别安装在4台300 kV·A 10/400变压器低压柜后端，无功补偿器使用ARM7架构，容量均为300 kV·A。无功补偿器搭载点后端为400 V总配，总配除为本项目提供电能外，还为附近居民及商户提供电能。为了满足本系统要求，本项目部报请供电部门对相关的4个无功补偿器的软件进行了写，将系统的响应周期从100 ms（5个波峰）调整为20 ms（1个波峰），通过此次调整，系统内理论上不再存在超过10个连续波峰的持续无功高压，系统电能质量得到一定程度的提升，UPS的维修压力也得到了缓解。

3．双侧桥接线设计

本系统在改造前已经通过桥接断路器将整个亮化系统的6个电源控制箱以下实现了环状互联，通过桥接线路，400 V网络之间形成了一个整体。上德ADQ3－2P－63A换向开关是本系统前置400 V桥接线路的控制模式。该开关具有的自动模式，可以自动选择具有正向电压的线路作为电源线路。而系统需要检修时，该开关可以转为手动模式，将上述两组电源完全隔断。

本系统在改造后，自UPS下放直接布置二层电网，确保经过UPS整理的电能得到有效的桥接。桥接方式与之前的前级400 V网络相同，同样使用上德ADQ3－2P－63A换向开关作为桥接线控制器。UPS的整定波形采用两种方式同步得到节拍，以确保电能并网不存在相位差。上行节拍模式通过获取电源侧的电能波形确定电能输出的节拍，虽然上行电源的电能质量较差，但其节拍是统一的。下行节拍模式是将其中一个UPS设置为主动模式，将其他UPS设置为侦测模式，侦测模式的UPS会通过下行电网内的节拍直接获得电网需求节拍，对电能输出节拍进行控制。本系统以上行节拍模式作为主动节拍UPS的节拍控制模式，以下行节拍模式作为侦测UPS的节拍控制模式，确保下行电网的电能相位做到统一，经过UPS整理过的波形，频率误差小于0.3%，电压误差小于2%，相位误差小于0.02%。

4．其他升级

在接触式自然接地的基础上，本系统在升级时，采用了分布式接地极的设计，电源控制箱处做重复接地，使用三芯电线，系统采用TN－S，每盏LED必须接PE线，每个LED不进行专设接地极，此种接地模式可以保证环境电流不影响LED模块的运行。

与此同时，引进带有独立浪涌保险装置的12 V开关电源，使得浪涌发生时12 V开关电源优先跳闸，在以上升级不足以满足浪涌的过滤作用时，将更换LED灯具和更换12 V电源适配器的成本转化为更换保险管的成本。因为保险管每更换一次的成本小于1元人民币，远低于更换LED模组或12 V开关电源。但本文升级不强制更换所有的12 V开关电源，仅是更换了替代的备用开关电源。

结束语

经过本次改造，系统经过2014年夏秋雷雨季节的考验，事故高发期内的事故率从改造前的1.86次/天（679次/a）下降到0.09次/天，维修费用从20.55元/天（7 500元/年）下降到0.45元/天。系统的可靠性和可用性得到了显著提升。EA

（收稿日期：2015.03.01）

（编辑：白文亭）