

UPS配电系统接地初探

研究了数据中心/信息机房供配电系统接地和不间断电源供电系统(UPS)应用问题,尤其是基于近年使用增多的高频UPS的应用特点,分析了高频UPS和工频UPS主电路特点,对比和分析了应用案例,为高频UPS在数据中心/信息机房供配电系统中的接地应用指出了方向。即数据中心/信息机房应保证TN-S或TN-C-S的接地系统,在高频UPS应用场合,应保证电源切换过程中N线(零线)接地不中断,保证UPS正常工作。

陈延钧 张 拓/阿里巴巴集团技术保障部

0 引言

随着政府、金融和企业信息化的迅速发展,以及3G/4G、云计算、大数据及移动互联网等网络架构的迅速演进和网络应用的不断丰富,企业、机构对于数据中心服务市场的需求迅速增加,带来了服务器、网络路由器和交换机等信息技术(IT)设备大量使用。2015年中国的服务器出货量一个季度就近60万台,一年超过200万台。为适应IT设备应用的迅猛增长,支持云计算、大数据业务,承载这些IT设备的数据中心/信息机房在各地纷纷立项、建设和投产。

因此,中国数据中心行业在近几年快速发展,根据IDC圈统计,2008~2015年,中国数据中心服务市场规模增长了9.6倍,年复合增长率超过40%。2015年我国数据中心服务市场规模达到518.6亿元,增长率达到39.33%。2011~2013年上半年全国共规划建设数据中心255个,已投入使用173个,总用地面积约713.2万m²,总机房面积约400万m²。

如此大规模的数据中心/信息机房

的建设和应用,其应用现场条件、情况各不相同,容易出现各种不同的应用问题。但由于服务器、网络交换机等IT设备的用电特点和承载业务要求,其用电安全性、可靠性及抗干扰性要求特别高,因而需要数据中心/信息机房配置高安全性、高可靠性及高抗干扰性供配电系统的接地系统。

1 数据中心/信息机房接地系统要求

通常民用建筑采用的TN接地系统为电源端一点直接接地,电气装置的外露可导电部分通过保护中性导体或保护连接到此接地点。

根据中性导体和保护导体的组合情况,TN系统的型式有以下3种。

1) TN-S系统。整个系统的中性导体和保护导体是分开的,如图1所示。

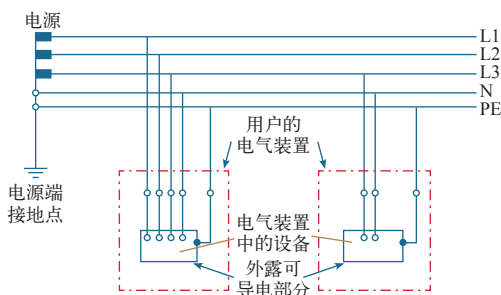


图1 TN-S系统

2) TN-C系统。整个系统的中性导体和保护导体是合一的,如图2所示。

3) TN-C-S系统。系统中一部分线路的中性导体和保护导体是合一的,如图3所示。

根据国家标准GB 50174《信息机房设计规范》和JGJ_16—2008《民用建筑



陈延钧/高级工程师

关键词/Keywords

数据中心/信息机房·
接地·
高频UPS·
供配电·

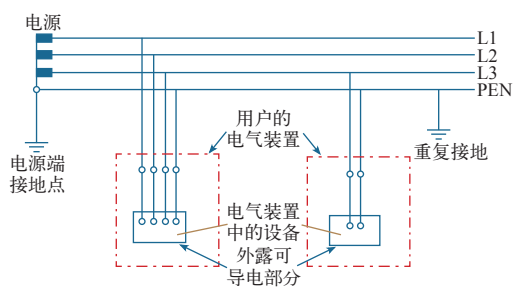


图2 TN-C系统

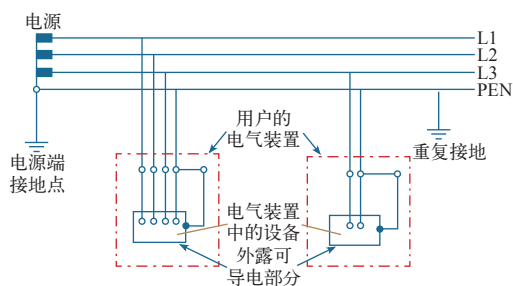


图3 TN-C-S系统

电气设计规范》，数据中心/信息机房供配电系统不应采用TN-C接地系统，应为TN-S或TN-C-S接地系统，保证IT设备避免干扰，正常工作。

为保证服务器、网络交换机等IT设备的高可靠性用电，可靠性要求高的数据中心/信息机房通常配置2路以上电源，任意一路电源断电都不会影响IT设备的正常用电。且为防止市电电源故障，还配置有柴油发电机系统为后备电源，保障IT设备运行，不同电源之间可切换供电运行。因此支持IT设备运行的数据中心/信息机房供配电系统常配置

2路独立的供配电系统，且每路供配电系统都会有不间断电源供电系统（UPS）保证IT设备的不间断用电和用电质量，如GB 50174《信息机房设计规范》的A类和B类信息机房要求。

2 UPS供电系统接地常见问题

数据中心/信息机房中，每路电源及供配电系统都应设置TN-S接地系统或TN-C-S接地系统，并在电源切换时可靠工作。但在实际应用时，由于工频UPS和工频UPS的不同特性，高频UPS在应用中出现了工频UPS未曾出现的问题。如2015年底，南方某数据中心在市电供电切换柴油发电机供电时，出现UPS逆变器保护关机、逆变器输出中断故障。经检查该数据中心为TN-S接地系统，UPS为高频机，UPS逆变器关机为零地电压（ V_{N-G} ）超高而保护关机。

高频UPS电路结构如图4所示。研究高频UPS的主电路结构，UPS主电路主要由整流器、直流母线、逆变器及相应的滤波器构成，在主电路不能正常工作时转旁路工作。可以发现高频UPS内部直流母线被中线分成正、负母线，直流母线的中线与输入和输出侧的N线（零线）连接。

工频UPS的主电路结构如图5所示。UPS主电路主要由整流器、直流母线、逆变器、变压器及相应的滤波器构成，在主电路不能正常工作时转旁路工作。可以发现工频UPS内部直流母线无中

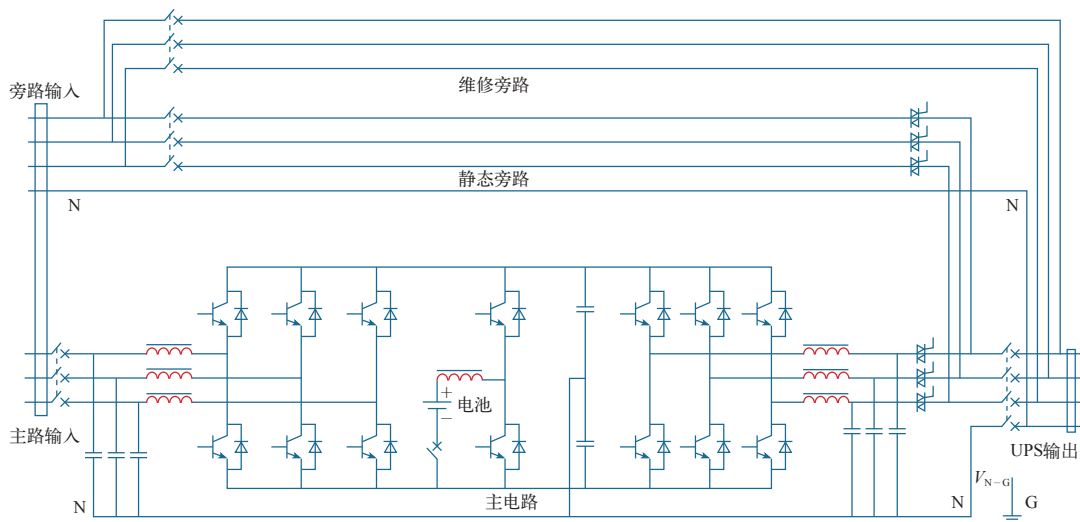


图4 高频UPS电路结构

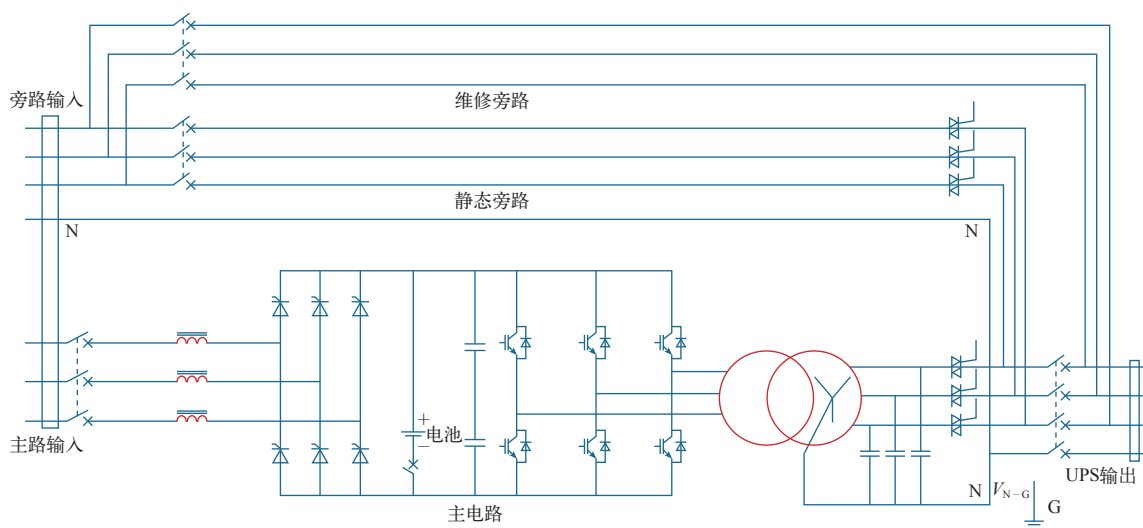


图5 工频UPS主电路结构

线，内部变压器二次侧生成中性点，连接主路输出N线（零线），UPS主路输入和输出的N线（零线）和UPS内部没有连接。

分析南方某数据中心在市电供电切换柴油发电机供电时，自动转换开关（ATS）为4P开关，切换过程中N线（零线）被ATS切断，造成ATS输出端的N线（零线）的接地断开，使得设备侧零地电压（ V_{N-G} ）出现虚高。根据前述分析，由于高频UPS母线的中线与输入和输出侧的N线（零线）连接，因而高频UPS内部的中线电压也相应虚高，导致逆变器保护关机。尤其在负载三相不平衡情况下，N线（零线）浮地后，N线零地电压（ V_{N-G} ）的更高，更容易触发UPS的逆变器保护关机。

而工频UPS主电路输入没有N线（零线）接入，直流母线没有中线，UPS逆变器输出后，在变压器二次侧生成中性点，连接输出N线（零线）。且在变压器二次侧中性点接地，可保证UPS输出后N线（零线）可靠接地，也即IT设备的机房为TN-S接地系统。因而不存在市电供电切换柴油发电机供电时，切换过程中N线切断，零地电压（ V_{N-G} ）出现虚高的情况，也不会有UPS逆变器保护关机的问题。

3 接地问题解决和分类处理

发现该问题后，改造该数据中心切换的ATS输出端，也即在高频UPS的输入侧，对N线（零线）接

地处理，保证ATS切换过程中，UPS输入侧N线（零线）可靠接地，零地电压（ V_{N-G} ）可保持为零，确保UPS可靠工作。同时供配电系统的接地系统为TN-C-S，满足数据中心/信息机房接地要求。

2016年在北方另一数据中心的建设过程中，柴油发电机选用10 kV中压发电机，在10 kV中压配电侧进行市电和柴油发电机的切换，在变压器低压侧无市电和柴油发电机切换。两套电源的低压配电系统切换后接到高频UPS的输入侧，切换开关ATS选用3P开关，切换过程N线（零线）不中断，N线（零线）一直可靠接地，确保UPS可靠工作。同时供配电系统的接地系统为TN-C-S，满足数据中心/信息机房接地要求。测试和运行过程中，与南方某数据中心同型号的高频UPS系统稳定可靠工作。

由于工频UPS应用时间早，技术成熟可靠，在传统数据中心/信息机房供配电系统中，大功率UPS基本为工频UPS。又因为高频UPS采用高频整流技术，省去了工频UPS内置变压器，在成本、体积重量和效率指标等有较大优势，近年来在数据中心/信息机房中高频UPS应用逐渐增多。随着高频UPS应用的增多，在高可靠性要求的数据中心/信息机房中，供配电系统的建设和运营过程中发现原先应用工频UPS未曾遇到的问题。如本文研究的UPS配电系统接地问题，多电源供电的配电系统中，可以通过保证切换过程中N线接地不断，

（下转第52页）

迄今最大规模的工业电视系统。

4 结束语

工业电视系统中特种耐辐照摄像机的选择方案是系统设计的首要因素。

摄像机按摄像器件划分为电真空摄像器件（即摄像管）摄像机和固体摄像器件（CCD器件、MOS器件）摄像机两大类，通常在红区高剂量率区域采用耐高剂量率的电真空摄像管摄像机，其中Vidicon摄像管和Chalnicon摄像管是其中两大主流类型。本项目选用的英国Centronic公司产品是Vidicon摄像管，其优点是耐辐照性能理想，其累计剂量可达 1×10^5 Gy，缺点是灵敏性较差。但因其价格较Chalnicon摄像管便宜，所以综合性价比比较高。

系统传输方案的选择。在核岛等区域，因摄

像机与主控室控制台之间距离不太远，采用视频基带传输方式；PX厂房至控制台则采用光缆传输方式。这两种技术前者因为失真小、系统信噪比高和传输简单而得到广泛应用；后者的传输特性是同轴电缆无法与之相比的，优点很多。

需要指出两点不足。

1) 常规岛摄像机数量较多，宜就地设置分控台，减少直接连接至核岛主控室的电缆量，达到优化设计的要求。

2) 核岛橙区所选用的耐辐照摄像机，与红区相比，可适当降低剂量率等指标。例如选用耐中、小剂量的CCD彩色摄像机，具有成像质量高、分辨率高、灵敏度高、信噪比高和价格比电真空摄像管低廉等优点。在满足环境要求的前提下，应优先考虑使用。

（收稿日期：2015-06-01）EA

（上接第18页）

保证零地电压可靠，确保UPS可靠工作。具体措施有：在采用4P的ATS开关切换场合，如低压柴油发电机备用等场合，切换电源需要切换N线，应选择切换不断N线的ATS（N线重叠切换），或在高频UPS输入侧N线接地；在采用3P的ATS开关切换场合，如中压柴油发电机备用等场合，切换UPS输入电源，但不切换N线。

4 结束语

由于服务器、网络交换机等IT设备的用电特点，根据国家标准GB 50174《信息机房设计规范》和JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》，数据中心/信息机房应为TN-S或TN-C-S接地系统，保证IT设备避免干扰，正常工作。

高频UPS由于主路电路结构特点，内部中线和外部N线（零线）连接，因而输入N线（零线）不能中断，否则可能导致UPS无法正常工作。工频UPS由于内置变压器二次侧N线（零线）可接地，因而主路输入N线（零线）接地中断对UPS运行无影响。

在高可靠性要求的数据中心/信息机房通常配置2路以上电源，也即多电源供电的配电系统中，应保证切换过程中N线接地不断。

参考文献

- [1] GB 50174—2008 信息机房设计规范 [S].
- [2] JGJ 16—2008 民用建筑电气设计规范 [S].
- [3] GB 14050—2008 系统接地的形式及安全要求 [S].
- [4] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册 [M]. 3版. 北京：中国电力出版社，2005.
- [5] 钟景华，朱利伟，曹播，等. 新一代绿色数据中心的规划与设计 [M]. 北京：电子工业出版社，2010.
- [6] 刘希禹. 中心线的转换对UPS性能的影响和对策 [J]. 电源世界，2012 (9)：21-27.
- [7] 韩林. 数据中心UPS接地方式 [J]. 电气应用，2009 (18)：16-17.

（收稿日期：2016-10-15）EA