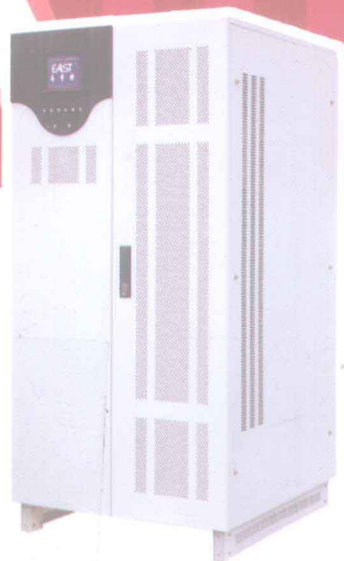


新型电源实用技术系列书

UPS供电系统 设计与工程应用实例

● 周志敏 纪爱华 等 编著

- UPS 供电系统
- UPS 供电系统设计
- 数据中心 UPS 供电系统解决方案



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

新型电源实用技术系列书

UPS供电系统 设计与工程应用实例

●周志敏 纪爱华 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以 UPS 供电系统设计与工程应用实例为主线,结合国内外 UPS 供电技术的发展及在国内的应用实践,全面、系统地阐述了 UPS 供电系统的最新应用技术。全书共分 3 章,系统地阐述了 UPS 供电系统、UPS 供电系统设计、数据中心 UPS 供电系统解决方案几部分内容。本书在写作上把 UPS 供电系统设计和工程应用实例有机的结合,具有很高的实用价值,是从事 UPS 供电系统设计和应用的工程技术人员人员的必备读物。

本书选题新颖实用,内容丰富,深入浅出,文字通俗,可供从事 UPS 供电系统设计、管理和维护的工程技术人员使用,也可供相关专业高等院校、职业技术学院的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

UPS 供电系统设计与工程应用实例/周志敏等编著. —北京:中国电力出版社,2011.10

(新型电源实用技术系列书)

ISBN 978-7-5123-2233-2

I. ① U… II. ① 周… III. ① 不停电电源-系统设计 IV. ① TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 214231 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 411 千字
印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

随着电子信息技术和自动化控制技术的高速发展，数据中心与控制中心需要良好的供电系统来保证其服务器、交换机、场地设备及辅助用电设备的安全运行。为保证供电质量，要求数据中心有独立配电系统，双电源互投系统与 UPS (Uninterruptible Power Supply) 组成的供电系统。UPS 作为一种重要可靠的电源，已从最初的提供后备电源的单一功能，发展到今天可提供后备电源及改善供电质量的双重功能，在保护数据中心、控制中心用电系统数据、改善供电质量、防止停电和电网污染等对供用电系统造成危害等方面起着很重要的作用。

在 UPS 供电系统设计中，通过优化 UPS 供电系统的可靠性、可用性，可对 UPS 供电系统进行最有效的管理，并构建一个绿色的 UPS 供电系统。

本书以 UPS 供电系统工程设计及工程应用实例为核心，在写作上尽量做到有针对性和实用性，力求做到理论和工程应用相结合，使得从事 UPS 供电系统的工程设计、应用、管理与维护的工程技术人员从中获益，读者可以以此为“桥梁”，系统、全面的了解和掌握 UPS 供电系统的工程设计和最新应用技术。

参加本书编写工作的有周志敏、纪爱华、周纪海、纪达奇、刘建秀、顾发娥、纪达安、纪和平、刘淑芬等，本书在编写过程中，无论从资料的收集和技术信息交流上都得到了国内外的专业学者和同行的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于时间短，水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第 1 章 UPS 供电系统	1
1.1 UPS 结构及分类	1
1.1.1 UPS 的定义及特点	1
1.1.2 UPS 结构及主要参数	2
1.1.3 UPS 分类	11
1.2 UPS 供电系统的冗余连接技术及可靠性与可用性	18
1.2.1 USP 的热备份连接	18
1.2.2 UPS 的并联连接	20
1.2.3 UPS 供电系统的可靠性	26
1.2.4 UPS 供电系统的可用性	34
1.2.5 UPS 冗余方式的选择	35
1.2.6 双总线冗余 UPS 供电系统	37
1.2.7 热同步并机 UPS 供电系统	40
1.2.8 T 型连接的 UPS 并联运行方案	43
1.2.9 UPS 供电系统的技术发展趋势	45
第 2 章 UPS 供电系统设计	48
2.1 UPS 供电环境	48
2.1.1 公共电网干扰	48
2.1.2 供电环境对 UPS 的要求	50
2.1.3 UPS 供电系统的特点及负载	56
2.1.4 供配电设计	60
2.2 UPS 及蓄电池的选择	62
2.2.1 UPS 的选择	62
2.2.2 蓄电池的选择	70
2.3 UPS 供电系统设计	75
2.3.1 绿色 UPS 供电系统	75
2.3.2 集中供电与分区供电系统结构比较	79
2.3.3 UPS 供电系统解决方案	84
2.3.4 UPS 冗余供电系统设计	86
2.4 数据中心 UPS 供电系统的可用性与发展趋势	91
2.4.1 数据中心供电系统的可用性	91
2.4.2 数据中心供电系统发展趋势	96
2.5 UPS 供电系统的防雷接地设计	102
2.5.1 低压供电系统的防雷技术	102

2.5.2	SPD浪涌防护器及其应用	105
2.5.3	UPS供电系统接地设计	112
第3章	数据中心UPS供电系统解决方案	124
3.1	UPS供电系统解决方案	124
3.1.1	APCSilcon系列UPS供电系统解决方案	124
3.1.2	台达UPS供电系统解决方案	128
3.1.3	安圣iTrustUPS的组网解决方案	132
3.1.4	UPS监控系统的构成	134
3.2	民航管制数据中心UPS供电系统设计实例	139
3.2.1	UPS供电系统的总体设计	139
3.2.2	UPS在民航管制中心的应用案例	142
3.3	电信数据中心UPS供电系统设计实例	143
3.3.1	电信数据中心UPS供电系统配置	143
3.3.2	电信数据中心UPS供电系统主要特点	147
3.3.3	电信数据中心UPS供电系统的设计	150
3.3.4	电信UPS供电系统解决方案实例	152
3.4	广电数据中心UPS供电系统设计实例	154
3.4.1	广电数据中心UPS的选择	154
3.4.2	广电数据中心UPS供电系统的实施	158
3.4.3	广电数据中心UPS供电系统的实时监测网络	160
3.5	企业数据中心UPS供电系统设计实例	162
3.5.1	企业控制系统的UPS供电系统设计实例	162
3.5.2	电网调度中心艾默生UPS解决方案	164
3.5.3	2×135MW电厂台达UPS解决方案	168
3.5.4	中大型电厂UPS供电系统	172
3.5.5	城市轨道交通弱电台达UPS解决方案	175
3.5.6	城市轨道交通信号电源UPS供电系统	179
3.5.7	企业数据中心山特UPS解决方案	182
3.5.8	企业数据机房伊顿UPS解决方案	185
3.5.9	工厂生产线控制系统电源的山特UPS解决方案	189
3.5.10	高速公路数据中心柏克MTTUPS解决方案	192
3.5.11	科技园区数据中心机房台达UPS解决方案	195
3.5.12	气象数据机房艾默生UPS解决方案	200
3.5.13	中小型数据中心UPS供电系统解决方案	204
3.6	金融/互联网数据中心UPS供电系统设计实例	206
3.6.1	金融数据中心机房台达UPS解决方案	206
3.6.2	银行数据中心机房台达UPS解决方案	211
3.6.3	银行数据中心机房艾默生UPS解决方案	214
3.6.4	互联网数据中心台达UPS解决方案	224
附录	UPS技术术语	228
	参考文献	238



第 1 章

UPS 供电系统

1.1 UPS 结构及分类

1.1.1 UPS 的定义及特点

一、UPS 的定义

UPS 的英文全称是 Uninterruptible Power Supply, 意为不间断电源系统, 是一种含有储能装置, 以逆变器为主要组成部分的恒压恒频不间断电源。主要用于给单台计算机、计算机网络系统或其他电力电子设备提供不间断的电力供应。当市电输入正常时, UPS 将市电稳压后供应给负载使用, 此时的 UPS 就是一台交流市电稳压器, 同时它还向 UPS 内的蓄电池充电; 当市电中断(事故停电)时, UPS 立即将蓄电池的电能通过逆变转换的方法向负载提供交流电, 使负载维持正常工作并保护负载软、硬件不受损坏, UPS 是一种能为负载提供连续电能的供电系统。

UPS 的产生完全是当今社会计算机技术、信息技术以及相关产业飞速发展的必然结果。随着计算机在各行各业的广泛应用, 越来越多的重要数据、图像和文字要由计算机来处理 and 存储。如果在工作中间突然停电, 计算机随机存储器中的数据 and 程序就会丢失或损坏。更为严重的是, 如果此时计算机的读写磁头正在工作的话, 极易造成磁头或磁盘的损坏。假如这些数据是银行清算系统或证券交易等系统中的数据的话, 后果将更不堪设想。同时, 电网中的一些强脉冲尖峰、高能浪涌等干扰也会引起计算机的误操作而造成不必要的损失。

计算机内部的滤波电容放电只能维持计算机工作 8~10ms 的时间, 如果超过这个时间, 计算机就进入自检重启状态。为了避免出现这些情况, 必须设计一种电源系统, 它能在停电后 10ms 以内恢复对负载的供电, 这就是近年来出现并被广泛使用的 UPS。UPS 作为计算机的重要外设, 已从最初的提供后备时间的单一功能发展到今天提供后备时间及改善电网质量的双重功能, 在保护计算机数据、改善电网质量、防止停电和电网污染对用户造成危害等方面起着很重要的作用。

UPS 作为保护性电源设备, 它的性能参数具有重要意义, 是选购时考虑的重点。UPS 的输入范围宽表明对市电的利用能力强(减少蓄电池放电)。UPS 的输出电压、频率范围小, 则表明对市电调整能力强, 输出稳定。UPS 输出电压的波形畸变率用以衡量输出电压波形的稳定性, 而电压稳定度则说明当 UPS 突然由零负载加到满负载时, 输出电压的稳定性。

还有 UPS 效率、功率因数、转换时间等都是表征 UPS 性能的重要参数, 决定了对负载的保护能力和对市电的利用率。性能越好, 保护能力也越强, 总的来说, 后备式 UPS 对负载的保护最差, 在线互动式略优之, 在线式则几乎可以解决所有的常见电力问题。当然成本也随着性能的增强而上升。因此用户在选购 UPS 时, 应根据负载对电力的要求程度及负载的重要性不同, 而选取不同类型的 UPS。

二、UPS 的特点

UPS 是能够提供持续、稳定、不间断电源供应的重要外部设备。从原理上来说, UPS 是一种集数字和模拟电路, 自动控制逆变器与免维护储能装置于一体的电力电子设备。从功能上来说, UPS 可以在市电出现异常时, 有效地净化市电, 还可以在市电突然中断时持续一定时间给计算机等设备供电。从用途上来说, 随着信息化社会的来临, UPS 广泛地应用于从信息采集、传送、处理、储存到应用的各个环节, 其重要性是随着信息应用重要性的日益提高而增加的。UPS 的特点有:

(1) 电源可靠性高。UPS 为负载提供了主、备两套供电系统, 而且备用电源和主电源通过静态开关进行切换。由于切换时间极短且主、备电源始终保持锁相同步, 故停电时从负载侧看来, 电源没有丝毫的中断, 这就为负载连续、可靠地运行提供了强有力的保障。当市电供电中断时, 在线正弦波输出式 UPS 对负载供电的转换时间为零, 后备式 UPS 在市电供电与逆变器供电之间有一定的转换时间, 且负载在转换瞬间要承受较高的电压冲击并有可能出现瞬间的交流短路现象, 因此在使用时一定要注意这一点。

(2) 电源供电质量高。对负载能实现稳压稳频供电, 在市电电压变化范围为 $180\sim 250\text{V}$ 时输出电压稳定范围为 $220\text{V}\pm 5\%$ 。由于采用了微处理器控制的负反馈电路, UPS 的输出电压稳定度较高, 可达 $\pm 0.5\%\sim \pm 2\%$ 。同时又由于 UPS 利用石英晶体振荡来控制逆变器的频率, 故输出频率稳定, 稳定度可达 $\pm 0.01\%\sim \pm 0.5\%$; 电压失真度小 (电压畸变小于 1% 时, 不存在谐波失真的问题)。

(3) 效率高, 损耗低。由于 UPS 中的逆变器采用了 PWM (脉冲宽度调制) 技术, 因此它具有开关电源的一系列优点。通过精确调整脉冲宽度, 可保证功率稳定输出。同时, 开关管在截止期间没有电流通过, 故自身损耗小, 其供电效率可达 90% 以上。

(4) 噪声比较小, 波形失真系数小 (一般小于 3%)。

(5) 故障率低, 容易维护。由于采用了微处理器监控技术和先进的绝缘栅双极晶体管 IGBT、正弦波脉冲宽度调制技术 SPWM 等, 目前 UPS 已达到了极高的可靠性水平。对于大型 UPS 来讲, 其单机的年均无故障工作时间 (MTBF) 超过 20万 h 已不成问题。如果采用双总线输出的多机冗余型 UPS 供电系统, 其 MTBF 甚至可达 100万 h 数量级。

1.1.2 UPS 结构及主要参数

一、UPS 组成

(1) 整流充电器。整流充电器可以把市电或备用发电机组的交流电能变为直流电能, 为逆变器和蓄电池提供能量, 其性能的优劣直接影响 UPS 的输入指标。

1) 晶闸管整流器。晶闸管整流器输出容量大、可靠性高、工作频率低、滤波器体积大、噪声大, 适用于输入电压低、功率大的 UPS。

2) 二极管与绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 组合型整流器。二极管 + IGBT 组合型整流器的工作频率高, 具有功率因数校正功能, 滤波器体积小、噪声低、可靠性高, 适用于中小功率 UPS。

(2) 逆变器。逆变器用以把市电经整流后的直流电能或蓄电池的直流电能转换为电压和频率都比较稳定的交流电能, 其性能的优劣直接影响 UPS 的输出性能指标。IGBT 逆变器工作频率高 (20kHz), 滤波器体积小、噪声低、可靠性高。

(3) 旁路开关。旁路开关是为提高 UPS 系统工作的可靠性而设置的, 能承受负载的瞬时过载或短路。因 UPS 的逆变器采用电子器件, IGBT 的过载能力仅为 125% , 当 UPS 供电系统出现过载或短路故障时, UPS 将自动切换到旁路, 以保护 UPS 的逆变器不会因过载而损坏。UPS 供

电系统转入旁路供电后,是由市电直接供给负载,因市电的系统容量大可提供足够的时间,使过载或短路回路的断路器跳闸,待系统切除过载或短路回路后,旁路开关将自动转换回由 UPS 继续向其他负载供电。

1) 静态旁路开关。静态开关为无触点开关,由晶闸管开关器件构成。所谓电子式静态转换开关,是将一对反向并联的快速晶闸管连接起来作为 UPS 在执行由市电旁路供电至逆变器供电切换操作时的开关元件。由于快速晶闸管的接通时间为微秒级,同小型继电器毫秒级的转换时间相比,它只是小型继电器的千分之一左右。因此,依靠这种先进技术,可以对负载实现转换时间为零的不间断供电。正常工作时,只有逆变器供电通道或交流旁路电源通道中的一路电源向负载供电。只有当 UPS 需要执行由交流旁路电源供电至逆变器供电切换操作时,才会出现短暂的(约几毫秒~几十毫秒)两路交流电源在时间上重叠向负载供电的情况。静态开关可以将转换时间缩短到毫秒以下,甚至 $100\ \mu\text{s}$ 以内,但损耗较大。

2) 动态旁路开关。动态开关为有触点开关,由接触器、断路器构成,靠机械动作完成转换,动态开关转换过程会有几十毫秒的供电中断,故不能应用于重要的负载场合,现代的 UPS 已很少采用。

(4) 蓄电池。蓄电池用以为 UPS 提供一定后备时间的电能输出,其市电正常时,由充电器为其提供电能转换为化学能,在市电中断时,将其化学能转换为电能为逆变器提供能量。

二、UPS 电路结构

从主电路结构和不断电供电的运行机制来看,目前技术成熟并形成产品的各种 UPS 主要有四大类:后备式 UPS、在线互动式 UPS、双变换在线式 UPS 以及双向变换串并联补偿在线式 UPS (Delta 变换器)。理想的 UPS 应具备以下性能:

(1) 在正常或后备工作方式下,即使给非线性负载供电,UPS 输出可控正弦电压且总谐波畸变率 (THD) 小。

(2) 市电故障时无间断地从正常工作方式过渡到后备工作方式,反之亦同。

(3) 对于任意负载,在备用工作方式下,UPS 输入电流为正弦,THD 值小且功率因数为 1。

目前市场上 UPS 的品牌很多,有上百种之多,性能也各有千秋。不论什么品牌,根据目前的技术水平,大部分都可满足基本指标的要求:比如不停电切换、输入输出电压稳定度、输出频率稳定度、R-232 接口、联网能力、无人值守等。不管品牌如何之多,从电路结构上可归纳为以下几类:

(1) 双变换电路。

1) 传统式双变换结构。这是一种目前应用历史最长,人们认为性能最好的一种 UPS。它的特点是除整流器、逆变器外还带有输出隔离变压器,可以将负载与市电进行有效的隔离和缓冲。过去由于电力电子器件的限制,缺少高耐压、大电流的功率器件作逆变器,整流器变换出的直流电压不能很高,所以逆变器输出的交流电电压比较低,需要输出隔离变压器再进行一次升压。它的工作特点是交流市电经整流器变为稳压直流,经过电容滤波后由逆变器变换为纯净的交流电,再经输出隔离变压器输出稳定适用的电压。这类 UPS 除作单机运行外,还可并联增容和冗余、输出电压无三次谐波、对两个方向上的电压变化都有缓冲作用、负载电压上无直流分量、允许逆变器在很宽的直流电压范围工作、中线上无电流、UPS 在多机并联时可共享一个蓄电池组或各具有自己的蓄电池组、容量可做得很大。由于负载功率 100% 通过两个变换器,因此属于串联调整范畴。

在超过 30kVA 的大功率中,传统式双变换结构是目前认为性能最好的 UPS 结构,容量可做到 500kVA 以上。由于这种 UPS 的正常工作状态就是逆变器工作状态,所以才有上述这些优良

功能，而在很多重要部门得以广泛应用。

但在小功率中，由于电力电子器件已能够满足小功率使用的高压设计，带输出隔离变压器的小功率 UPS，存在输入谐波污染高和效率低下、体大笨重等固有缺陷，这类结构在国际上已属淘汰之列。

2) 高频双变换结构。这种结构 UPS 的出现解决了传统式双变换结构体积大、效率低和造价贵的问题。和前者不同在于没有输出变压器，而且逆变器的脉宽调制频率比前者高，前者一般在 10kHz 以下，而高频双变换结构的一般在 20kHz 或以上。由于没有输出隔离变压器，因此也就没有隔离和缓冲的余地，对直流电压的要求也比前者严格，其输出电压直接受负载变化的影响，逆变器功率管在接近满载时比传统式容易损坏，输出端零线上有不易限制的谐波电流，因而零线电位不为零，在负载上有直流分量。

如前所述，由于双变换电路即使在市电很稳定时，也要对其进行两次变换后才将电能输送给负载，无形中浪费了部分能量。不能充分利用市电。如果当市电稳定在某一指定范围时，不进行上述的两次变换，只进行必要的滤波后将经过净化的电压直接输送给负载，可节省能量、提高效率、降低工作温度，从而提高可靠性。

高频双变换结构 UPS 基于高耐压、大电流的功率器件，没有输出变压器，输入端采用 PFC 功率因数校正电路，直流电压高，逆变器输出电压经滤波后可直接达到标准的市电电压。而且逆变器的脉宽调制频率比前者也高，瞬态响应速度快。和传统式双变换结构 UPS 相比，这种结构 UPS 的输入功率因数普遍较高（10kVA 以下可以达到 0.99，10~20kVA 可达 0.95 以上），效率也高（20kVA 以下效率可以提高 20%~30%），体积小，重量轻。

但这种结构的 UPS 容量也不宜做得太大，一般做到 30kVA 左右，高的也有达到 80kVA，但并不普遍。目前国际上超过 30kVA 的技术和可靠性还不是很成熟。在大功率中，由于没有输出隔离变压器，负载中线隔离和缓冲不好控制，输出端零线上有不易限制的谐波电流，因此零线电位常常不为零，在输出电压上的直流分量也不易消除。

(2) 三端口单变换电路。三端口结构 UPS 是为了解决双变换结构 UPS 效率难以进一步提高的问题而出现的一个结构。这种 UPS 的结构特点是省去了输入整流器，其整流充电作用由电路中唯一的双向变换器充当，逆变器处于后备状态工作。输入与输出之间采用参数稳压器的的工作方式，通过对逆变器电流的方向和大小的调节稳定输出电压，仍可保证输出电压的稳定度，过载能力很强，市电供电状态满载工作时效率比较高。但这种结构的不足是空载损耗大，而且输入电压调节范围窄。三端口结构的工作方式有在线式、在线互动式和后备式。三端口在线式属并联调整方式，由于引入了参数稳压器，其常规性能指标与传统双变换 UPS 一样。但这种结构的唯一不足是空载无功电流大，致使输入功率因数降低。

三端口单变换只是 UPS 的一种电路型式，三端口单变换电路和双变换电路一样也有在线和离线工作模式之分。早在 20 世纪 70~80 年代，我国就有了三端口后备式 UPS，20 世纪 80 年代末 90 年代初 FISKAR 公司推出了 DELTEC8/9000 在线单变换 UPS 系列，功率从 2.4kVA 做到 56kVA，其输出电压稳定度也同样做到了 $\pm 2\%$ ，其他常规指标和传统式双变换电路一样。其缺点就是输入功率因数太低，输出电压稳定度一般做得都不高。

在线互动单变换式 UPS 是典型的三端口结构，其工作模式属于并联调整范畴。在线互动单变换式 UPS 省去了输入整流器和充电器，充电器由称为双向变换器的逆变器充当，即当市电在允许范围中变化时，负载主要由经过粗稳和滤波的市电提供，只有当市电异常时，才由逆变器向负载供电，这时的功能和双变换结构一样。

在线互动式结构 UPS 的正常调整功能不是参数稳压器，而是采用了变压器抽头串联调节方

式,虽然消除了对输入功率因数失真的附加作用,但同时也降低了输出电压的精度,这种 UPS 的切换时间也可做到 0。

(3) 串并联调整结构。串并联调整结构式 UPS 可以较好地满足用户新的需求,从结构上讲,双变换 UPS 属于串联调整工作模式,在线互动式属于并联调整模式,串并联调整结构不但具备了上述两种 UPS 的优点,而且又将双变换模式和在线互动单变换式 UPS 的功能提高到一个新阶段:它的得尔塔(Delta)双向变换器具有输入功率因数调整到接近于 1、系统效率提高到 97%、过载能力可在 200%维持 60s、隔离干扰的能力强等优点。而实现这些功能的造价仅仅是双变换电路实现该功能造价的几分之一,并且可多至 9 台并联。

串并联调整结构 UPS 是并联调整式三端口 UPS 的重大改进,通过采用双向逆变器代替参数稳压器,产生既有串联调整又有并联调整的双重调整结构。而且这种双重调整结构既有电流源又有电压源,不仅把三端口 UPS 的功能提高到了崭新的阶段,保存了原来的全部优点,而且解决了原有的空载低效、电网适应范围窄的缺点,又具有高效率、高输入功率因数的特点。除此以外,其输出电压稳定度等常规指标也做得和双变换电路一样,并且还可多机并联,因此该电路结构使 UPS 的变换技术出现了新的发展方向。

串并联调整结构 UPS 的得尔塔逆变器可将输入功率因数调整到 1,这就意味着它对电网不产生干扰,对 UPS 的输入电缆、熔丝、开关甚至发电机等无须增加太大的余量,理论上前面的这些环节的功率容量只需和 UPS 的相当就可以。而传统式双变换结构 UPS 为了实现这个目标,即使多花出 25%以上的制造成本,功率因数也难于达到 0.9。虽然高频双变换结构 UPS 的功率因数可达到 0.98 以上,但在别的指标上却又遇到了困难。串并联调整结构 UPS 的效率可达到 97%;传统双变换 UPS 的效率很少能做到 94%,大都在 92%左右。虽然有的 UPS 用经济运行方式,效率可达到 97%或以上,实际上是利用旁路的后备应急方式,在牺牲良好指标的情况下达到的。

传统双变换的两个变换器都是单向工作的,即第一个变换器只作正向变换(整流),而第二个变换器只作反向变换(逆变)。传统双变换的两个变换器是各自独立工作的,串并联调整结构的两个变换器在市电正常供电时,不但一直在作双向变换,而且是互控互补的,即两个变换器必须同时工作,缺一不可,如当市电输入电压低于系统输出电压时,UPS 系统就从输出端吸收一部分功率,功率流通过变换器 2 送到变换器 1 的输出变压器上。此时变换器 2 工作于整流状态,而变换器 1 则工作于逆变状态,使变压器输出一个与市电同相的电压,将市电电压的不足量补充上;如果市电电压高于负载要求的电压,则系统就由变换器 1 吸收一部分市电能量,并产生一个与市电反相的电压去抵消市电的多余电压,此时变换器 1 工作于整流状态,而变换器 2 则工作于逆变状态。

三、不间断电源的主要参数

(1) 输入电压可变范围。标准规定分为三类:Ⅰ类为 $\pm 25\%$,Ⅱ类为 $\pm 20\%$,Ⅲ类为 $10\% \sim 15\%$ 。输入电压可变范围越宽,则负载由蓄电池逆变供电的机会越少,可以有效地延长蓄电池的使用寿命。但后备式及互动式 UPS 的电路拓扑决定它的输入电压范围不可能很宽,否则其输出电压稳定精度将很差。在线式 UPS 如果要求输入电压范围宽,则将导致成本增高。

(2) 输入功率因数。标准规定分为三类:Ⅰ类为 ≥ 0.95 ,Ⅱ类为 ≥ 0.90 ,Ⅲ类为 ≥ 0.85 。输入功率因数 PF 太低是供电电网不容许的,输入功率因数低,意味着输入无功功率大,输入谐波电流将污染电网,以脉动的断续方式向电网索取电流,这种脉动电流在外电网电路阻抗上形成脉动电压叠加在电网电压的正弦波上,造成电压失真,使由同一电网供电的变压器、电动机等产生附加谐波损耗、过热、加速绝缘老化;高次谐波对通信线路、测量仪器产生辐射干扰;影响电表

计算精度。

UPS 输入功率因数低，一般有两个原因，一个是 UPS 本身不产生谐波电流，但 UPS 本身没有功率因数校正功能，而 UPS 负载一般是整流/容性的非线性负载，尽管这种 UPS 带阻性（即线性）负载时输入功率因数高，但这不是实际工作情况。互动式或后备式 UPS 会将负载的低功率因数传递给 UPS 的输入端，从而污染电网。

另外，传统在线式 UPS 在双变换的第一级整流时，采用晶闸管整流（或者二极管整流桥）加滤波电路。整流管的一端是交流，另一端是直流，整流管只在交流电压瞬间值高于另一端直流时才工作。UPS 向市电吸收脉冲电流而非正弦电流。当然也可以在输入端加滤波电感以平滑电流，但对单相 UPS 一般也只能将功率因数 PF 做到 0.8 左右，三相一般为 0.9。此时输入滤波电感很笨重（因为是工频），每提高一个百分点将是非常困难。

(3) 输入电流谐波。标准规定分为三类：Ⅰ类为 $<5\%$ ，Ⅱ类为 $<15\%$ ，Ⅲ类为 $<25\%$ 。输入电流谐波成分 THD 是指输入电流中非基次电流占总电流的百分比，谐波成分越少，UPS 的性能越优。功率因数 PF 与电流谐波 THD 的关系为

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1+THD^2}} \quad (1-1)$$

(4) 输入频率范围。标准规定为：输入频率范围为 $50\text{Hz} \pm 4\%$ ；在要求的输入频率范围内，负载由市电经变换后供电，当频率超出范围时由蓄电池逆变供电。因此输入频率范围越宽则启用蓄电池工作的机会越少，可以延长蓄电池的寿命。

(5) 频率跟踪范围及速率。标准规定为：频率跟踪范围为 $50\text{Hz} \pm 4\%$ 可调；频率跟踪速率 $\leq 1\text{Hz/s}$ 。从 UPS 的性能考虑，频率跟踪范围（同步锁相范围）越宽越好，因为转换开关只有跟踪（同步）时才能顺利转换。否则，UPS 因为旁路与逆变不同步存在环流而容易损坏，或者存在较长的转换时间。频率跟踪速率主要是为了保证输出频率瞬变不太大，变化平稳。如果将 UPS 的频率跟踪范围设计成 $1 \sim 3\text{Hz}$ 可调或可选，用户可以根据需要选择。在超出这个范围但小于 $\pm 5\text{Hz}$ ，则由蓄电池逆变供电，这样增强了灵活性。

(6) 输出电压稳压精度。标准规定分为三类，Ⅰ类为 $\pm 1\%$ ，Ⅱ类为 $\pm 3\%$ ，Ⅲ类为 $\pm 5\%$ 。UPS 的稳压精度包括在输入电压全范围和负载从空载到满载范围，输出电压稳压精度与电路拓扑及控制方式有关，一般来说，后备式 UPS 最差，甚至大于 $\pm 15\%$ 。互动式 UPS 一般为 $\pm 5\%$ 。

如果 UPS 稳压精度高，则计算机设备内的开关电源承受的应力变化小，可靠性就会提高。采用双变换在线式电路拓扑及运用 DSP 技术，稳压精度可以大为提高，可以达到 $\leq 1\%$ 。

衡量 UPS 的一个主要指标就是输出电压稳定度，一般用户需要的电压稳定度为 $\pm 5\%$ ，有许多 UPS 可以达到 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 。要保证电压的稳定性，可以采用交流稳压技术中的电压补偿原理，如串并联调整式 UPS 中的逆变器 1 对 UPS 输入端进行功率因数补偿，并抑制输入电流谐波，并与逆变器 2 完成对输入电压补偿。当输入电压高于输出电压额定值时，逆变器 2 吸收功率，反极性补偿输入输出电压的差值；当输入电压低于输出电压额定值时，逆变器 1 输出功率，正极性补偿输入输出电压的差值，由逆变器 2 与逆变器 1 共同完成对输出电压差值的补偿，随时监测输出电压，以保证输出电压的稳定，并对输出电压波形失真和输出电流谐波成分进行补偿。

(7) 输出频率稳定度。标准规定为：输出频率精度 $\leq \pm 0.5\text{Hz}$ 。所谓输出频率精度是在蓄电池逆变时的精度，因目前逆变时的频率一般由晶振分频而得，故绝大部分 UPS 的输出频率精度都可达到 $\leq \pm 0.5\text{Hz}$ 。

当市电异常或逆变器异常时，不论是由市电切换到逆变器，还是由逆变器切换到市电，都要求这种切换要平滑，而要做到这一点，就必须采用同频同相（一般相位差不大于 3° ）电源。因

此, 锁相是必须的, 一般输入电压的频率适应范围是 $50\text{Hz} \pm 5\%$ (或 $\pm 6\%$)。

而传统在线式 UPS 的说明书则表明输出电压频率稳定度为 $\pm 1\%$ 甚至 $\pm 0.5\%$ 以下, 实际情况不论是在线互动式还是传统在线式 UPS, 一般对输入电压频率稳定的要求大都是 $50\text{Hz} \pm 5\%$ 。如果市频率变化超过这个值, 此两种 UPS 都改变到蓄电池供电状态, 这时输出电压的频率稳定度都很高。

当然, 在线互动式 UPS 输出频率在 $50\text{Hz} \pm 5\%$ 内变化, 而传统在线式 UPS 的输出电压频率同样在 $50\text{Hz} \pm 5\%$ 范围内随市电变化。因为一般传统在线式 UPS 都有锁相环节, 在市电频率为 $50\text{Hz} \pm 5\%$ 的变化范围中, UPS 输出电压的频率与市电同频率同相位, 换言之, 传统在线式 UPS 的输出频率在市电正常时也是随市电而变的。

(8) 输出波形失真度。标准规定为: 输出波形失真度为三类, I 类为 $\leq 2\%$, II 类为 $\leq 3\%$, III 类为 $\leq 5\%$ (线性负载)。波形失真度是谐波成分与谐波、基波之和的百分比。谐波指标越小越好。以前的国内标准规定为 $\leq 5\%$ (大功率) 或 $\leq 10\%$ (小功率)。现在的规定已经提高。后备式及互动式对该指标改善甚微, DSP 控制的在线式 UPS 能有效地降低波形失真度。

(9) 动态电压瞬变范围及瞬变响应恢复时间。标准规定为: 在逆变工作方式时, 线性负载电流从零到额定电流变化时输出电压的变化量为 $\pm 5\%$, 恢复时间分别为 I 类 $\leq 20\text{ms}$, II 类为 $\leq 40\text{ms}$, III 类为 $\leq 60\text{ms}$ 。该指标一直有争议, 信息产业部电工业产品质检中心也认为定义不严格, 为此可把超出稳压精度范围输出电压持续时间作为瞬变响应恢复时间, 如取稳压精度为 5% , 电压从 209V 开始降低的时间作为瞬变响应恢复时间, 这样取不同等级的稳压精度, 则该时间也不一致。对于单个波头的缺陷, 可以不作要求, 但可以作为内控要求提出。

(10) 输出功率因数。标准规定, 输出功率因数 ≤ 0.8 。这个指标是对负载的限制, 也是对 UPS 带负载能力的衡量。以前的标准 GB/T 14715—1993《信息技术设备用不间断电源通用技术条件》中称负载功率因数, 规定为 0.8 。而在 GB/T 7260—1987《不间断电源设备》中规定“负载功率因数为 $0.7 \sim 0.9$ (滞后), 额定为 0.9 ”。

因以前 UPS 的主要负载不是整流容性的非线性负载, 对于目前的计算机、服务器等设备来说, 若输入功率因数为 0.8 , 此类负载既需要无功功率, 也需要有功功率, 如果 UPS 提供不了这种功率需求, 则负载或 UPS 无法正常工作。为验证这个指标, 一般采用带阻性负载来验证这个负载能力指标, 至于提供无功功率的能力, 是由输出电流峰值系数及输出电压失真度来保证。

(11) 过载能力。标准规定分为三类, I 类为 10min , II 类为 1min , III 类为 30s (过载 125%)。过载能力一般是指在正常工作方式时的过载, I 类为 10min 主要针对大功率 UPS 来说, 中小功率 UPS 一般采用 II 类和 III 类。部分品牌 UPS 的过载能力在 $125\%/1\text{min}$ 的基础上增加到 $150\%/30\text{s}$, 为此在标准之外又增加了 150% 的过载, 是考虑了计算机等浪涌冲击性大的负载。另外, UPS 在正常工作方式时若发生输出短路, UPS 应该作关机保护。

(12) 输出电流峰值系数。标准规定为 $\geq 3:1$ 。这也是一个衡量 UPS 负载能力的指标, 越大越好。峰值系数是峰值与有效值之比。正弦波的峰值系数为 1.414 , 计算机、服务器等整流容性负载的电流峰值系数在 $2.5 \sim 3.0$ 之间。

(13) 蓄电池组智能管理功能。标准规定: “UPS 应具有定期对蓄电池组进行自动浮充、均充转换, 蓄电池组自动温度补偿及蓄电池组放电记录功能”。蓄电池是 UPS 重要组成部分, 也是 UPS 中的薄弱环节。UPS 出现的故障很大比例是蓄电池故障或由蓄电池引起的。UPS 中蓄电池绝大部分采用阀控密封式铅酸蓄电池, 其寿命及放电容量与温度有很大的关系。对均充及间隙充电等是否能提高蓄电池寿命的问题上, 蓄电池厂家与 UPS 厂家也有不同看法。很多蓄电池厂家认为阀控密封蓄电池不需要均充。先限流后恒压的充电方式是 UPS 中采用较为广泛的, 根据温

度来调节充电电压的高低。根据负载大小及蓄电池容量判定蓄电池的剩余工作时间很重要。另外一般需要有高压告警、低压关机等功能,以提高 UPS 的可用性。

(14) 绝缘电阻。标准规定:UPS 的测试绝缘电阻在输入端、输出端对地施加。标准里没有输入端与输出端的绝缘要求,也就是说不一定要采用变压器进行电气隔离。在机房中,隔离变压器能隔离零线和相线,但是不能隔离地线。如果 UPS 具有零线、相线接反检测及零地电压高告警性能,则可以满足网络用户等要求。

(15) 切换时间。由于 UPS 有时要在旁路和逆变器之间通过开关切换,故一般都存在着一定的切换时间。因此,一般在电路中加入储能环节,这样,切换时间虽然补充上了,但需要增加设备的造价,而利用三端口逆变器在任何情况下均可实现零切换,因为每当进行切换前,首先启动逆变器,当切换停止后才关闭逆变器,这就起到了类似存储能源的作用。当逆变器突然发生故障时,由于其变压器漏感的储能作用,也可做到平滑过渡。

UPS 在工作时存在着两种切换:即市电异常时的切换和逆变器过载或故障时的切换,在线互动式小功率 UPS 在任何情况下的切换时间都是一样的,即 2ms。而传统在线式 UPS 的两种切换是不一样的。事实上,在市电异常时,此种 UPS 不存在切换,只是在整流电压低于蓄电池电压时,蓄电池由原来的充电状态转为放电状态而已,无切换时间。若逆变器过载或故障时,则必须将负载切换到旁路上去,这个切换过程不可能为零;而当逆变器恢复正常后,负载又必须从旁路切换回逆变器上,仍然有切换时间,尤其是许多小功率 UPS 的切换是靠继电器实现的,其切换时间更长(除非另加储能环节)。因此,以往的小功率在线式 UPS 说明书上大都标明切换时间为 0,实际上是不确切的。

市电与蓄电池间切换时间,标准规定分为三类,Ⅰ类为 0ms,Ⅱ、Ⅲ类为 <4ms。电路拓扑结构不同,则市电与蓄电池切换时间不同。一般在线式 UPS 因市电及蓄电池都变换为一个中间直流电压(行业内称 UPS 母线电压),而这个中间直流电压都有比较大的电解电容,因此在线式 UPS 的市电与蓄电池间切换时间为 0。而后备式或互动式是通过继电器进行切换,一般存在一个几个 ms 的切换时间,这个切换只要市电不良就会发生。

逆变旁路切换时间,标准规定分为三类,Ⅰ类分为 1ms,Ⅱ、Ⅲ类分为 <4ms。在线式 UPS 一般在开机瞬间、过载、过温、整流逆变回路故障造成输出电压不正常时,UPS 会切换到旁路供电。应该说这个转换发生的概率小于因市电不良而切换的概率。这个切换对于小功率 UPS,一般采用继电器便能完全满足要求,但在大功率中因大继电器动作时间长,一般采用 SCR 实现。

(16) 转换效率和工作温度。效率是 UPS 的一项主要指标,UPS 效率低,一方面增加了运行时的耗电量,使环境温度升高,从而影响别的设备运行;另一方面也增加了在高温下的元件故障率,因此,可以采用几种方法来改善转换效率和降低工作温度。首先对于大功率 UPS 采取降低输入谐波电流的方法,主要是采用 12 相或 24 相脉冲整流方案。对小功率 UPS 则采用附加功率因数校正电路或采用 PWM 整流的方法,使输入端功率因数达到 0.95~0.99。此外,可以采用微处理器和高速数字信号处理器 DSP 构成全数控型 UPS,使所用元件数量大为减少,从而提高可靠性,减少故障,降低对工作温度的要求。

(17) 发电机兼容性。后备式 UPS 和互动式 UPS 产品需要输入电源的频率和相位非常稳定。电源频率必须稳定,是因为逆变器必须跟踪电源频率,以校准电压和电流,这样系统输出频率才能与输入频率相同,除非 UPS 通过蓄电池运行。

比较典型的运行问题是当启动发电机上的其他负载时,发电机的输出频率将发生很大变化,从而导致后备式 UPS 或互动式 UPS 通过蓄电池放电。该问题在天然气发电机组上尤为明显。蓄电池反复充放电,很可能导致蓄电池的过放电,将大大缩短蓄电池使用寿命。另一个潜在问题是

UPS 负载加载时, 发电机输出会不稳定, 也就是说 UPS 负载的突加, 会导致发电机电压和频率跌落, 从而导致 UPS 进入蓄电池放电的运行状态。当发电机输出稳定后, UPS 恢复到正常状态, 如果发电机输出电压再次下降时, UPS 将再次进入蓄电池放电状态。

对于双变换 UPS 则不会出现上述问题。双变换 UPS 调整输入电源, 而且可以容许电源频率出现较大变化, 同时继续提供稳定的输出频率, 而无需使用蓄电池供电。而且双变换 UPS 主要制造商已经开发出减少输出电流畸变的技术, 极大地提高 UPS 与发电机的兼容性, 使负载规格选择更为准确。双变换 UPS 容量与发电机的容量配比可以达到 $1.25:1 \sim 1.5:1$, 不会发生运行问题。

四、UPS 可靠性指标

不管用户还是 UPS 的设计者和厂商, 实际上都把可靠性看作 UPS 最重要的性能指标。近几年来, 在设计和生产对 UPS 技术的诸项改进措施中绝大部分是针对提高输出能力指标和可靠性的。这些措施和新技术对提高可靠性是很有成效的, 应在选用 UPS 时特别的关注。

可靠性是指硬件系统多长时间不出故障, 而可用性则指的是在规定时间内其正常供电的百分比。它不但包括了硬件因素, 而且也包含了人的因素, 即

$$A = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \quad (1-2)$$

式中, A 是可用性, 其值是一个百分比; $MTBF$ 是表明供电系统可靠性的平均无故障时间, 单位是 h; $MTTR$ 是表明供电系统可维修性的平均修复时间, 单位是 h。

如果系统的平均无故障时间 $MTBF = \infty$, $MTTR$ 就可忽略不计, 可实现 100% 可用性目标; 如果故障后的修复时间 $MTTR = 0$, 那么供电系统的可用性也可以是 100%。

当然, 在单机工作的情况下实现 100% 的可用性是困难的。 $MTBF$ 不可能是无穷大, 但由于各种原因的限制采用一些切实可行的措施来提高可靠性和可用性是可能的。比如采用可靠性高的系统、双机冗余系统、 $N+X$ 模块冗余系统等。

硬件系统是决定 UPS 主机运行是否可靠的关键性因素。要考察的内容包括生产厂商的技术水平和成熟程度, 生产能力和工艺水平; 所选用的元件的品种和质量; 电路的先进性和成熟程度等。在目前各种型号的 UPS 都能满足使用要求的情况下, 确切地评论水平高低和性能优劣是很难的, 也是无益的。但是电路结构的不断改进必然给 UPS 带来新的性能, 例如 SANTAK、APC、LEUMS、Exide、Delta 等公司推出的互动式电路结构, 尽管各家的电路形式仍有差别, 电路成熟程度不一, 但是它们有一个共同点, 都使用了交流调压电路中的功率补偿原理, 这对提高效率降低逆变器工作强度, 从而提高整机运行的可靠性是绝对有好处的。

(1) 器件选用。选用性能更强容量更大的功率器件, 提高控制和驱动电路的集成化程度, 例如选用大功率高性能的 IGBT, 高集成度和控制功能更强的专用组件, 采用微处理器控制技术、数字化调节技术 (代替电位器之类的器件), 减少电路环节之间的转插件等。

(2) 模块化设计。把电路中与一种功能有关的各电路环节集中在一个单独的结构里, 可以很方便地插拔更换, 或者以冗余方式热插拔, 这对提高各环节的可靠性和提高整机的利用率 (大幅度降低维修时间 $MTTR$) 是有效的。

(3) 冗余配置。采用并联技术, 并使并联输出的总容量大于负载容量, 当一台或几台 UPS 发生故障时, 其他 UPS 可以继续向负载供电, 且其输出容量仍然满足负载的要求。这是一种提高系统可靠性的有效措施, 一级冗余就可把平均无故障时间 $MTBF$ 提高近一个数量级, 有的品牌 UPS (例如 TMV) 还在关键器件和部件上采用冗余设计, 其可靠性将得到进一步的提高。UPS 并联运行是一项难度较高的技术, 它要求并联 UPS 的输出电压同压、同频、同相、均流,

当前很多品牌的 UPS 在这方面都达到较高的水平, 只用一块并机板就可以把多台 UPS 简单地并联起来。

(4) 在线式 UPS 的后备运行。UPS 最根本的功能是在市电掉电时继续维持对负载供电, 后备式和在线互动式 UPS 是当市电存在时 UPS 逆变器不工作或者轻载工作, 因此它们的输出能力和可靠性极高。而在线式 UPS 的逆变器始终承担 100% 的负载功率强度, 这对逆变器可靠运行是不利的。IMV 和 CHLORIDE 都曾提出了在线式 UPS 的后备运行设想和技术, 即在电网电压条件好的地方, UPS 本身又在其输入输出部分配置了功能很强的抗干扰电路的情况下, 在输入电压处在某一范围内时 (可设置), 通过智能开关把 UPS 设置在后备运行方式, 逆变器空载运行, 这样一来, 在线式 UPS 的输入功率因数, 输入电流谐波、效率, 输出能力等各项指标存在问题都迎刃而解了。在电网条件好, 而对 UPS 可靠性要求极高的场合, 这种措施未尝不是一种现实可行的设计思想。

(5) 新的电路结构。UPS 技术以日新月异的速度发展着, 新的电路结构往往会带来意想不到的效果, 美国 APCSilcon 公司生产的 UPS 把交流稳压器的电压补偿技术成功地用到了双逆变在线式 UPS 中, 他们用高频开关调制技术取代了一般交流稳压器中的电压补偿器件, 在两个逆变器联合作用下, 既保留了双逆变在线式 UPS 的全部功能和高输出电压质量, 又完成了电压补偿调节功能, 使得双逆变在线式 UPS 的很多关键指标得到改善, 输入功率因数为 0.99, 输入电流谐波降低至 3%, 效率高达 97%, 输出电流峰值系数、浪涌系数和输出功率因数都不再对负载提出限制, 使 UPS 的输出能力向真实的电网能力靠近了一步。

(6) 安全认证。安全认证是各国按照自己国家的安全标准, 并借鉴了国际通行的标准, 由专门机构经过严格的检验认定后对具体型号产品颁发的安全证书。我国的安全认证为 CCEE 认证, 即通常所说的长城认证, 它是由中国电工产品委员会授权有资格的安全实验室在对产品进行严格的安全检查和测试合格的基础上, 并对厂家的生产条件和安全保证措施等进行实地审查合格后颁发的电工产品认证合格证书, 对产品的安全起到检查监督作用。经过认证的产品可保证在安全性能方面设计合理, 器件选择可靠, 测试手段有保证, 质量保证体系完善。它是产品得以安全使用的基本保证。UPS 是与计算机紧密相连的产品, 与计算机同属于信息技术类设备, 其性能直接关系到使用者的生命财产安全, 所以安全指标是一个强制指标, 除了需要满足常规的技术指标外, 必须通过 CCEE 认证。

(7) UPS 防雷。UPS 为其他设备提供不间断、净化电源, 安装在重要设备的前端, 所以当雷电直击到低压电源线或在电缆上产生感应雷电时, 电源导线上的过流过压经过配电系统, 首先冲击 UPS, 而 UPS 的稳压范围一般单相在 160~260V, 三相在 320~460V 之间。要防止瞬间 10~20kV 的雷电冲击波的过压幅值是不可能的, 这是 UPS 遭雷击损坏的主要原因。未安装防雷器件的 UPS 包括早期生产和目前部分小功率的 UPS, 其不具备防雷功能, 只能对市电网过电压或很小的杂散电流起着电源净化的保护作用。当雷击来临时, 它本身首当其冲被击坏。内部安装有防雷器件的 UPS 分为两种类型:

1) 装有不符合标准的防雷器件的 UPS。这类 UPS 生产厂家为了节省成本, 只是装一组小功率的金属氧化锌压敏电阻 MOV, 只能对很小的感应雷电有一定的防护作用。

2) 部分进口名牌 UPS 及国内著名 UPS 生产厂家生产的 UPS, 在内部根据国际 IEC801—5 的标准 (抑制吸收电源供电线路输入端的雷电电压及电流的强浪涌, 其冲击电流为 20kA, 冲击电压为 6kV, 波形为 8/20 μ s。)安装有标准的防雷器件, 这一类 UPS 是否可以完善地保护 UPS 自身, 并达到保护其他设备电源的免遭雷电的侵害的目的。根据长期测定的统计资料表明, 直击雷电在一般低压架空线路产生的过压幅值高达 100kV, 电信线路高达 40~60kV。感应雷过电压

幅值在无屏蔽架空线上最高达 20kV, 无屏蔽地下电缆可达 10kV, 即使装有符合 IEC 801—5 标准防雷器件的 UPS, 假如其电源线路前端(配电室、房、柜、箱)没有加装有效的高能量防雷器件, 这类 UPS 同样会遭受雷击。在智能化 UPS 中, 遥控用通信线路的 RS-232 或 RS-485 接口, 有的没有装抑制浪涌器件, 有的仅装小功率浪涌抑制器件, 而无法防止感应雷击。

雷电损害电子设备分为三种类型: 即直击雷、感应雷和雷电反击都有可能对 UPS 造成损害, 因此要做好 UPS 的防雷, 必须严格遵守综合防雷的原则。

完善设备所在建筑物外部防雷系统, 根据国标 GB 50057—1994《建筑物防雷设计规范》, 安装接闪器(避雷针、网、带, 高层建筑的均压环), 引下线及防雷地网设施。做好线路防雷, 在动力室电源进线总配电盘上安装并联式电源专用高能量避雷器, 构成第一级衰减。

做好机房接地, 根据国标 GB 50174—1993《电子计算机机房设计规范》, 交流、直流工作地、保护地、防雷接地宜共用一组接地装置, 其接地电阻按其中最小值要求确定, 如必须分设接地, 则必须在两地之间加装等电位共地联结器。

在机房配电柜空气开关后, 安装适当容量的并联式低压电源避雷器, 或在 UPS 专用配电盘上, 安装适当容量的串联式低压电源避雷器, 构成第二级衰减。对于有信号或通信接口的 UPS, 为防止雷电波从信号或通信线引入, 必须在信号或通信接口处加装相应的信号避雷器。

机房布线要求不能沿外墙敷设, 以防止雷击时墙内钢筋瞬间传导强雷电流时, 磁场感应机房内线路, 把设备击坏。

避雷器应选用质量可靠, 性能优良, 能量匹配恰当的避雷器, 也是做好电源及 UPS 防雷的关键, 目前市场上较有名的产品有德国 DEHN 及英国的 Furse、法国的 Citel 等。从性能、价格比较, Furse 性能好但价格昂贵, Citel 性能和价格都不占优势, DEHN 则较理想。防雷电是技术性较强的一门专业知识, 最好在专业人员的指导下, 进行避雷器的选型和安装。

1.1.3 UPS 分类

自从第一台采用电子调节技术的 UPS 问世以来, 经过几十年不断的努力与改进, UPS 技术走过了快速发展的历程, 主要产生了如下几种不同技术的产品: 普通后备式 UPS、铁磁共振式 UPS、线路交互式 UPS、三端口式和在线式 UPS。目前, 市场上 UPS 品牌和种类繁多, 但可按电路主结构、后备时间、输入输出方式、输出波形和输出容量五方面对其进行分类。

一、按电路主结构分类

(1) 后备式 UPS。后备式 UPS 是指 UPS 在市电电压、频率不超过设计范围时, 直接用市电向负载供电, 在市电电压、频率超过设计范围时, 采用逆变器供电, 一般输出电压范围为 $220V \pm 10\%$ 或 $220V \pm 15\%$ 。后备式 UPS 直接把输入线和输出线相连。当主电源出故障时切换成蓄电池供电, 在线路电压降到停机临界点时才进行电源保护。这种输入和输出直接相连结构意味着不能对峰值电压和噪声提供根本上的保护。一些后备式 UPS 制造商还增加了电涌抑制和线路调节电路。仅当在市电事故期间转换到蓄电池供电。后备式 UPS 由一组蓄电池、DC/AC、电压检测回路和转换开关组成。从 AC 切换到备用蓄电池供电大约有 7ms 的延迟时间。

后备式 UPS 的工作原理是: 当市电正常供电时, 市电经滤波回路及突破吸收回路过滤杂波后, 直接供应电力给负载, 与此同时有一回路经充电回路对蓄电池组充电。此时若市电的电压不稳定, 则输出电压和市电一样不稳定; 此时若市电发生异常, 则转换开关切换到逆变器, 由逆变器提供稳定的电力供应负载。后备式 UPS 因存在转换时间, 对于某些设备会造成停机, 并且大部分后备式 UPS 产品的输出波形皆为阶梯波。

后备式拓扑结构是最简单的一种 UPS 结构, 如图 1-1 所示。正常运行情况下, 交流市电直