

(一) UPS 的概念

普通定义: UninterruptablePowerSupply

专家认为: UPS 应该为 UnintenuptablePowerSystem, 即是一个高可靠、高性能、高度自动化的供电中心。

UPS 是 UninterruptablePowerSupply 的简称, 也就是不间断电源。它的出现与最早应用, 是为某些重要部门电网掉电时的持续供电提供保障。但是, 电子信息产业与网络技术的迅速发展, 对供电质量不断提出了更新更高的要求。据统计, 在计算机故障中, 有 50—70% 的原因是电源故障造成的。这些电源故障包括电网电压过压、欠压、瞬时跌落、失压和故障停电等由于电源环境、设备以及传输系统, 乃至自然环境造成的各种干扰。在这些故障中, 电网完全掉电仅占百分之几, 在大城市以及供电环境较好的地区, 应以几次/年计, 但是在有代表性的场所, 计算机遭受的电网和传输系统的干扰, 幅度在几十伏的可达每日数次之多, 所以 UPS 不再仅仅是为完全掉电提供后备电源的设备, 而应为各种电源问题提供解决方案。

假设你是一个网络管理员或系统管理员, 理解网络不间断并不难, 然而很多情况下, 没有意识到的电源问题可能会使你的系统出现各种无法解决的困难, 甚至于崩溃。系统的可用性至关重要, 而作为网络运行基础的电源的可靠性自然成为首先考虑的问题。同时, 电源的智能监控与管理在网络经济时代不可或缺。单纯的提供不间断供电已经不能满足要求。

专家认为 UPS 可以改为 UnintenuptablePowerSystem 的简称, 也就是说, UPS, 特别是大中型 UPS, 它已经不仅仅是一台简单的不停电供电整机产品, 随着 UPS 技术的发展和成熟, 它将成为一个中型的或者说局部的高可靠、高性能、高度自动化的供电中心。它的功能应该包括我们传统概念上的以下环节和内容:

第一, 主机运行高效、高可靠, 能在各种复杂的电网环境下运行, 输出能全面地高质量地满足各种负载的要求。

第二, 有很强的可用性和可维护性, 有高度智能化的自析功能状态显示、报警、状态记录和通讯功能, 甚至有环境监测功能。

第三, 有很强的网络保护功能, 也就是说, 它不仅向直接由它供电的硬件设备提供可靠的保护, 还应该向它们所运行的软件提供保护, UPS 可配置相应的电源监控软件, SNMP(网络管理协议)管理器, 有远程管理能力, 用户可执行 UPS 与网络管理平台之间的监控。

(二) 不间断电源 UPS 供电原理

它由整流器、逆变器、交流静态开关和蓄电池组组成。平时, 市电经整流器变为直流, 对蓄电池浮充电, 同时经逆变器输出高质量的交流纯净的电源供重要负载, 使其不受市电的电压、频率、谐波干扰。当市电因故停电时, 系统自动切换到蓄电池组, 蓄电池放电, 经逆变器对重要设备供电。

UPS 的不间断特性, 体现在其转换时间工作程序上, 当市电与逆变器进行切换时, 其控制系统会适时地检测市电的同步范围, 在市电不超限时, 逆变器实现“先通后断”的供电, 从而保证了供电系统的“不间断切换”。

(三) UPS 电源的技术性能

UPS 电源的技术性能随使用要求的不同而不同, 主要技术性能包括以下几个方面。

1. 在线式

特点:

- 双逆变器
- 输出电性能指标高
- 输入端 AC-DC 变换器是整流电路, 对电网产生严重的干扰公害
- 两个变换器始终在 100% 负载功率下工作, 整机效率低, 输出能力有局限, 可靠性一般

- 市电—电池转换时, 输出电压没有切换时间

功能说明

- 市电正常时, 市电经过 AC-DC 和 DC—AC 两次变换后向负载供电
- DC—AC 随时在监测并参与对输出电压的调整, 是在线式工作
- 市电掉电后, 电池通过 DC—AC 逆变器向负载继续供电
- 当负载过载或逆变器故障时, 市电转旁路维持向负载供电

在线式原理

除了基本供电电路为电池逆变器电路外, 基本原理图与后备式相同。无论交流输入电源是否正常, 均通过逆变器电路提供电源输出。交流输入电源中断时不需要切换, 不存在转为电池供电的切换时间。在电池逆变器出现故障或者逆变器内部失灵时, 都需要切换为旁路供电。由于在正常工作情况下, 整流器和逆变器都要消耗一定的功率, 因此这种类型 UPS 的效率要比后备式低。无论是在线还是电池供电, 在线式 UPS 的电源输出来自于逆变器, 可以提供近乎理想化的电源, 频率和电压的稳定性优于其它类型。

整流器: 该整流器为 AC-DC 单向变换, 当市电存在时;它完成对电池的充电, 并通过逆变器向负载供电。

逆变器: 该逆变器为 DC-AC 单向逆变, 当市电存在时, 它从整流器取得功率后再送到输出端, 并保证向负载提供高质量的电源, 当市电掉电时, 由电池通过逆变器向负载供电
旁路开关: 平时处在断电状态, 当主电路发生故障, 或者当负载有冲击性 (例如启动负载时) 时, 逆变器停止输出, 旁路开关接通, 由电网直接向负载供电, 旁路开关多为智能型的功率容量很强的无触点开关。

双逆变在线式 UPS 的性能特点如下:

因为不管市电有无, 负载的全部功率都由逆变器输出, 所以可以向负载提供高质量的电源, 例如输出电压稳定精度、频率稳定度、输出电压动态响应、波形失真度等指标, 都是比较高的市电掉电时, 输出电压不受任何影响, 没有转换时间, 因为无论市电有无, 全部负载功率都由逆变器供出, UPS 的功率余量有限, 输出能力不理想, 所以对负载提出限制条件, 例如输出电流峰值系数(一般只达到 3:1)、过载能力: 输出功率因数一般为 0.8。整流电路对电网形成电流谐波干扰, 输出功率因数低, 谐波电流成份在 30%左右, 而输入功率因数只有 0.8 左右, 在市电存在时, 由于两个逆变器都承担 100%的负载功率, 所以整机效率低, 80KVA 以下的 UPS 为 80%左右, 80KVA 的可达 85—90%, 100KVA 以下的可达 90-92%。

所以在线式能够确保输出高可靠性、高质量电源。在 DSP 数字控制技术、数字并联技术、网络监控技术、电池管理技术、电源保护技术等方面技术先进, 性能可靠。

2. 高效数字功率器件 PIGBT 技术

采用先进的高效数字功率器件 PIGBT 作为逆变功率器件, 其性能及可靠性高于上一代的功率器件 IGBT, 提高了逆变器的可靠性和处理速度, 其逆变效率高达 98%~99%, 热功耗极低。谐波分量小于 1.5%, 使输出波形更好, 对负载或接地系统等不会造成干扰。

3. DSP 技术和 SMD 电气集成模块

采用数字控制技术取代传统的模拟控制。DSP 数据处理技术的处理速度是传统微处理器的 12 倍, 并使硬件线路更为简化、可靠性更高、瞬态反映能力更强。电路板采用仿真设计和表面安装焊接技术, 使整机散热性好, 可靠性更高。

4. 电池保护功能

安全防护电池包括 2、6、12V 的通用型、深放电型、高比能型、快速充电型、循环耐久型等系列蓄电池产品。电池具有充放电的实时监测、过流及限流保护功能, 可防止用户因电池过放电而造成电池永久性损害, 防止过充电而造成电池寿命的减短; 欠压预警功能可及

时通知用户进行相关处理, 以免造成大的损失; 控制系统可通过设置定期电池自检功能, 及时发现故障电池, 避免系统故障造成的危害, 并可实现在线更换电池。

5. 灵活可靠的并联技术

采用数字模块式环路直接并联技术, 能够有效的抑制并机中的环流, 可以在 UPS 不断电的情况下实现并机扩容或维修, 可以实现不同功率的 UPS 直接并联。

6. 通信及监控功能

较强的通信联网功能是指 UPS 可以采用于接点、JBUS 或 SITEMONITOR 软件, 实现远程监控及模拟控制或集中遥测遥控。可以利用 Intranet、Internet 来监控 UPS, 每个 UPS 在网络中有自己的 IP 地址, 可以通过 WEB 浏览器来监控, 采用的协议可以是 TCP/IP、SNMP、HTTP 和 JAVA。

7. 高可靠性

UPS 单机平均无故障时间都在 MTBF>35 万 h, 并获得 ISO9001 国际质量标准证书, 干扰标准等证书。

8. 散热系统

机房 UPS 是最大的噪声源, 采用冗余式智能风扇调速散热系统, 则微处理器可以依据内部温度及输出功率大小, 自动调节风扇的转速, 以达到降低噪声、延长风扇寿命及节省能源的目的。

9. 控制和诊断监控系统

智能化 UPS 应具有专家系统故障诊断软件。当 UPS 某一部分出现异常后, 该系统能迅速对故障进行诊断、推理, 判明故障部位, 通过显示器给操作者或维修工程师指示, 判明故障性质, 以便快速修复。同时还可自动记录信息, 生成信息档案, 便于用户更好使用。

10. 其他

除了上述功能外, 还有主/从容错双处理器并行控制技术、过载能力和抗短路保护功能、UPS 的非线性带载能力、多种启动方式、多种输入/输出模式、宽电压输入、可靠的旁路转换系统、绿色环保、正面维修、雷电保护等, 是针对不同产品所具有的不同功能。此外, 大容量的 UPS 配 12 脉冲整流器, 能够进一步降低输入谐波分量; 内置输出隔离变压器, 采用零线及火线均隔离的隔离技术, 可以进一步提高对负载的保护, 有效地隔离零线的干扰, 提高 UPS 系统的适应性等, 都是 UPS 产品近年来的先进实用技术。

(四) UPS 供电方案设计

很多设计工程师都试图设计出完美无暇的 UPS 解决方案为关键负载提供支持, 不过他们的设计方案往往不一定涉及到设计方案的可用性范围。例如, 并联冗余、串联冗余、分布式冗余、热连接、热同步、多路并联总线、双系统以及故障预警系统等, 这些都是设计工程师或制造商赋予不同配置方案的名称。这些名称的问题对于不同的用户, 它们可能具有不同的含义, 可以存在很多种解释方式。虽然目前市场上的 UPS 配置名目繁多且差别甚大, 但最常用的不外乎 5 种。这 5 种方案包括: ①容量; ②串联冗余; ③并联冗余; ④分布式冗余; ⑤双系统。

选择系统配置方案时, 应当根据负载的关键程度而定。此外, 还要考虑停机所带来的影响以及公司的风险承受能力, 这样才能更好地找到合适的系统配置方案。

下面我们介绍如何为特定应用环境选择恰当的配置方案的一些指导方针。

1. 可用性、等级和成本

1) 可用性

数据处理中心日益增长的可用性需求, 推动着 UPS 配置的不断发展。“可用性”即电源保持供电并正常运行以支持关键负载的时间百分比估算值, 如同其它任何模型一样, 为简化分析过程, 必须对模型做出一些假设。

2) 等级

一切 UPS 系统(以及配电设备)都需要定期进行维护。系统配置的可用性一方面取决于配置不受设备故障干扰的水平,另一方面取决于执行正常维护和例行测试以保证关键负载供电的能力。

3) 成本

配置的可用性等级越高,其成本也越高。该成本指的是建造一间新的数据机房所需的成本。因此,其中不仅包括 UPS 结构的成本,还包括数据机房的整个网络关键物理基础设施(NCPI)的成本。后者包括发电机、开关装置、制冷系统、消防系统、活动地板、机架、照明设施、物理空间和整个系统的调试成本。这些只是前期成本,还不包括运营成本,如维护成本等。在计算上述成本时,我们假设每个机柜平均占地面积为 2.79m²,且功率密度范围为每机柜 2.3kW 至 3.8kW。如果分担成本的设备占地面积增大,每机架的成本也将随之降低。

说明:在 UPS 设计配置的计算过程中,通常采用字母"N"来指代 UPS 设计记置。例如,并联冗余系统也称作 N+1 设计,而双系统设计可以用 2N 来表示。"N"可以简单地定义为关键负载的"need(需求)"。换言之,应满足所保护设备供电量的电源表亡。我们可以用 RAID(独立磁盘冗余阵列)系统等 IT 设备来解释"N"的用途。例如,如果存储容量需要 4 个磁盘,且 RAID 系统正好包含 4 个磁盘也称 4 个磁盘,则称这是一个"N"设计。反之,如果 RAID 系统有 5 个磁盘,而存储容量只需要 4 个磁盘,则称为"N+1"设计。

一直以来,在规划关键负载电源时,必须充分考虑以后的发展,以使 UPS 系统可以为负载提供 10 或 15 年的支持。事实证明,按照这一原则进行规划是很困难的。20 世纪 90 年代,为便于提供讨论框架并比较各种设施,曾提出了"瓦特·平方米"的概念。但由于人们对"平方米"的含义无法达成共识,这种电源设计指标造成了很多误解。近来,伴随着技术精简的大趋势,人们逐渐采用"瓦特/机柜"的概念来表示系统容量。

事实证明,由于单位空间内的机架数量很容易统计,因此这种度量方式的准确性更高。无论如何选择负载方式,有一点很重要,那就是应当从一开始便选择好配置方案,使设计过程沿着正确的方向进行。

如今,涌现出了许多可扩展的模块化 UPS 系统设计,从而可以使 UPS 容量随着 IT 需求的增长而扩大。

2.单系统或"N"系统

简而言之,单系统(N 系统)是指由单个 UPS 模块或容量与关键负载规划容量相等的一组并联 UPS 模块构成的系统。迄今为止,这种类型的系统是 UPS 行业中使用最为广泛的配置。办公桌下的小型 UPS 也属于单系统。同样,对于规划设计容量为 400kW,面积为 450m²的计算机房,如果采用单个 400kW 的 UPS 或在公共总线上采用两个并联的 200kW 的 UPS,那么也属于单系统。因此,可以将单系统视作关键负载供电的最低要求。

虽然上述两例均可视为单系统,但其中的 UPS 模块设计却有所不同。与小型 UPS 不同,超出单相容量大约为 20kW 的系统都设置有内部静态旁路开关,以便在 UPS 模块出现内部问题时,将负载安全地转换到市电。UPS 到静态旁路的转换点是经过制造商的仔细选取,以便为关键负载提供最妥善的保护,同时也保护 UPS 模块本身不会受到损害。下面举例说明了这些保护措施中的一种措施:在三相 UPS 应用中,模块通常都具有额定过载能力指标。该指标通常的一种表述形式为"模块将承载 125%的额定负载达 10 分钟"。因此,一旦负载达到额定值的 125%,模块将启动一个计时程序,其内部时钟将开始倒数 10 分钟。10 分钟后,如果负载仍未恢复到正常水平,则模块会将负载安全地转换到静态旁路。启用旁路的情况还有很多种,UPS 模块的规格说明中会对此进行详细阐述。

扩充单系统的一种方式是为系统提供维修或外部旁路。若采用维修旁路,那么在需要进行维护时,可以将整个 UPS 系统(模块和静态旁路)安全地关闭。维修旁路与 UPS 共用一个配

电盘,并且与UPS输出端直接相连。当然,正常情况下这条电路处于断开状态,仅当UPS模块转换到静态旁路时才合上。在设计过程中,必须采取某些措施以防止当UPS未转换到静态旁路时,维修旁路电路接通。如果安装正确,维修旁路可确保UPS模块安全运行而无需担心负载停机,因而是系统中一个极为重要的组件。

大多数单系统配置,尤其是低于100kW的配置,都用于对整个电力系统无特殊要求的建筑环境中。建筑物的电力系统一般都采用"N"配置,因此,单系统配置刚好可满足这种情况。图3-1显示了常用的单模块UPS系统配置。

(1)优点如下。

- 设计概念简单,硬件配置成本低廉。
- 由于UPS工作于满负荷条件下,因而其效率最高。
- 具备高于市电的可用性。
- 如果电力需求增长,可进行扩展(可以同时配置多UPS设备,根据供应商或制造商的不同,可以并联多达8个额定值相同的UPS模块)。

(2)缺点如下。

- 可用性有限,因为如果UPS模块出现故障,负载将转换到旁路供电,从而处于无保护电源下。
 - 在UPS、电池或下游设备维护期间,负载处于无保护电源下(通常,这种情况每年至少会发生一次,而且往往会持续2~4小时)。
 - 缺乏冗余,限制了在UPS发生故障时对负载的保护能力。
 - 存在多个单故障点,这意味着系统的可靠性由其最薄弱的环节决定。

3.串联冗余

串联冗余配置有时也称为"N+1"系统,不过,它与通常情况下用N+1表示的并联冗余配置截然不同。串联冗余设计概念既不需要并联总线,也不要求模块的容量必须相同,甚至不要要求模块来自同一个制造商。在该配置中,正常情况下由一个主要的或主UPS模块为负载供电。同时,一个串联的或辅助的UPS为主UPS模块的静态旁路供电。该配置要求主UPS模块的静态旁路具有单独的输入电路,这种方式可以在保留现有UPS的情况下,对之前的无冗余配置进行扩充,以获得一定程度的冗余。图3-2显示了串联冗余UPS配置。

在正常运行条件下,主UPS模块将承担起全部关键负载的供电,串联模块不承担任何负载。一旦主模块负载转换到静态旁路上,串联模块将即刻接受主模块的全部负载。因此,必须仔细选取串联模块,以确保它能够迅速承担起负载。如果它不能完成该任务,它自身或许可以转换到静态旁路,但这样一来,便使得该配置方案所提供的冗余保护消失殆尽。

对于这两个模块而言,只需将负载转换到另一个模块,便可轻松提供服务。由于输出线路仍存在单故障点,因此,维护旁路仍然是一项重要的设计功能。整个系统每年需要停机2~4小时,以便对系统进行预防性的维护。虽然该配置方案的可靠性提高了,但往往却被开关装置及相关控件的复杂性所抵销。

(1)优点如下。

- 产品的选择很灵活,可以混用不同制造商或不同型号的产品。
- 具备UPS容错功能。
- 对于双模块系统而言,相对比较经济。

(2)缺点如下。

- 依赖于主模块静态旁路是否能从冗余模块正确接收电力。
- 如果电流超出逆变器的容量,则要求两个UPS模块的静态旁路都必须能正常运行。

- 主 UPS 模块转换到旁路时, 辅助 UPS 模块必须能够处理突然出现的负载变化。(由于辅助 UPS 往往长期工作在 0%负载的条件下, 并非所有 UPS 模块都能执行该任务, 因此旁路模块的选择至关重要。

- 开关装置及相关组件不仅复杂, 而且昂贵。由于为保持电源不间断而设置的辅助 UPS 长期工作于 0%的负载情况下, 因而运营成本提高了。

- 这种双模块系统(一个主模块, 一个辅助模块)至少需要一个电路断电器, 以便在市电与作为旁路电源的另一个 UPS 之间进行选择。这比只包含一条公共负载总线的系统要复杂得多。

- 每个系统一条负载总线, 因而存在单点故障。

(3) 并联冗余或"N+1"系统

在并联冗余配置方案中, 当单个 UPS 模块出现故障时, 无需将关键负载转换到市电, 所有 UPS 的用途都在于保护关键负载不受市电变化及断电的影响。随着数据重要程度的提高以及风险承受能力的降低, 转换到静态旁路和维护旁路的观念已逐渐被淘汰。但 N+1 系统设计仍需静态旁路, 而且大多数 N+1 系统都具有维护旁路, 因为它们仍起着举足轻重的作用。

在并联冗余配置方案中, 多个并联的容量相同的 UPS 模块共用一条输出总线。如果备用的供电量至少等于一个系统模块的容量, 则系统称为 N+1 冗余; 如果各用的供电量等于两个系统模块的容量, 则系统为 N+2 冗余, 以此类推。并联冗余系统要求采用同一制造商生产的相同容量的 UPS 模块, UPS 模块制造商还可以提供系统并联电路板。并联电路板可能包含与各个 UPS 模块相通的逻辑电路, 且各个 UPS 模块之间也相互连接, 以产生完全同步的输出电压。并联总线应具备监控功能, 以显示系统负载以及系统的电压与电流特征。此外, 并联总线还必须能显示并联总线上的模块数量, 以及需要多少模块才能保证系统冗余。一条公共总线上可以并联的 UPS 模块的数量存在一个逻辑上限, 对于不同的 UPS 制造商而言, 该最大值也不同。在正常运行条件下, 并联冗余设计中的 UPS 模块均匀分摊关键负载容量。如果从并联总线上取下一个模块进行维修(或如果某个模块因内部故障而停机), 则剩下的 UPS 模块必须立即承担起发生故障的 UPS 模块的负载。由于有了此项功能, 因此可以从总线中取下任意一个模块进行修理, 而无需将关键负载直接连接到市电。

单系统示例中面积为 450m² 的数据机房, 如果采用该方案, 则需要 2 个 400kW 的 UPS 模块, 或 3 个 200kW 的 UPS 模块并联在一条公共输出总线上以提供冗余。并联总线的设计容量为系统的非冗余容量, 因此, 包含 2 个 400kW 模块的系统, 其并联总线的额定容量为 400kW。在 N+1 系统配置方案中, UPS 容量可以随负载的增长而增长。应当设置容量升级机制, 以便当容量百分比达到某个水平时, 就订购新的冗余模块。因为某些 UPS 模块的交货时间可能需要几周甚至几个月, 且 UPS 容量越大, 安装新 UPS 模块的难度越大。大型的 UPS 模块重达上千千克, 需要特殊的传动装置才能将它们安置就位, UPS 房间中通常会为这种大型模块预留位置。由于将大型 UPS 模块安放在任何房间中都存在一定的风险, 因此, 这种部署必须进行周密规划。

在设计冗余 UPS 系统时, 系统效率是一个应当着重考虑的重要因素。一般而言, 负载较轻的 UPS 模块的效率要低于负载接近于其额定容量的 UPS 模块。表中显示了为 240KW 负载供电时, 采用不同容量 UPS 模块的系统的负载分配情况, 可以看出, 为特定应用环境所选的模块大小会严重影响系统效率。低负载情况下任何特定 UPS 的效率因制造商而异, 在设计过程中应对具体数据进行调查。

一个典型的双模块并联冗余配置。可以看出, 尽管该系统提供了单个 UPS 模块故障保护功能, 但在并联总线中仍存在单故障点。与单系统配置方案一样, 为了断开并联总线以进行定期维护, 在设计该方案时也应看重考虑维护旁路电路。

1)优点如下。

●由于在一个 UPS 模块出现故障时有其它冗余容量可用,因此该方案的可用性要高于单系统配置。

●可根据电力需求的增长进行扩展,在同一装置中可以同时配置多个单元设备。

●硬件的布置不仅设计概念简单,而且成本相对低廉。

2)缺点如下。

●两个或多个模块必须采用相同的设计、相同的制造商、相同的额定值以及相同的技术与配置。

●UPS 系统的上游与下游仍存在单点故障。

●在 UPS、电池或下游设备维护期间,负载处于无保护电源下(通常这种情况每年至少会发生一次,而且往往会持续 2—4 小时)。

●由于各个 UPS 设备的利用率均低于 100%,因此运营效率较低。

●每个系统一条负载总线,因而存在单故障点。

●大多数制造商都需要外部静态开关,才能在两个 UPS 模块之间均分负载。否则负载将分配不均,波动范围高达 15%。这不仅增加了设备的成本,还使设备复杂化。

●大多数制造商都需要一个公共的外部维修旁路,这不仅增加了设备的成本,还使设备复杂化。

4.分布式冗余

分布式冗余配置在当今市场中很常见。20 世纪 90 年代末期,一家工程公司为了获得全方位的冗余,不惜花费任何高额成本,因而使开发出了这种设计方案。该设计以三个或更多个 UPS 模块及独立的输入和输出电路为基础,独立的输出总线通过多个 PDU 和 STS 与关键负载相连。从市电服务入口到 UPS,分布式冗余设计和双系统设计几乎是一样的。这两种方案均提供了同步维护功能,并将单故障点减至最少。二者最主要的区别在于,为关键负载提供冗余电源线路所需的 UPS 模块的数量不同,以及从 UPS 到关键负载的配电结构不同。随着负载要求容量的增加,备用 UPS 模块的数量也在增加。

同样为 300kW 负载供电的两种不同的分布式冗余设计方案。采用 3 个 UPS 模块,在该配置中,模块 3 与每个 STS 的辅助输入电路相连,根据另外两个主 UPS 模块的故障情况投入系统并向负载供电。在该系统中,模块 3 通常不承载任何负载。

式冗余设计采用 3 个 STS,正常运行状态下,负载平均分配在 3 个 UPS 模块上。如果其中任何一个模块出现故障,则将强制 STS 将负载转换到为该 STS 供电的另一个 UPS 模块上。

很显然,双电源负载与单电源负载的供电电路是不同的。双电源负载可以采用两个 STS 设备供电,而单电源负载只能由单个 STS 供电。因此,STS 便成为单电源负载的单路径故障点。在当今的数据机房中,单电源负载的使用数量日趋减少。因此,可以在单电源负载的附近安装多个小型转换开关,该方法既方便又经济。如果全部为双电源负载,那么该配置可以不采用 STS 设备。

对于那些需要进行同步维护,且大多数负载均为单电源负载的、复杂的大型计算机房而言,分布式冗余系统是比较理想的选择。还有其它一些行业因素也推动着分布式冗余配置方案的发展。

●同步维护:无需将负载转换到市电,即可完全断开任何特定供电设备或组件的一部分以进行例行维护或测试。

●单路径故障点:指在配电系统中,如果没有设置旁路则会引起停机的某些点。单系统实质上是由一系列单路径故障点所组成,在设计过程中尽量排除单路径故障点是冗余的一个关键指标。

●静态转换开关(STS): STS 具有两路输入和一路输出。通常, STS 从两个不同的 UPS 系统接受供电, 并根据某些条件将其中一路电源提供给负载。如果 STS 的主 UPS 供电电路出现故障, 则 STS 将在 4ms 内将负载转换到辅助 UPS 供电电路上。STS 通过这种方式使负载随时处于受保护状态下, 此项技术自 20 世纪 90 年代初期出现以来, 已广泛应用于分布式冗余配置中。该设计的最大弱点便是采用了静态转换开关, 这种设备不仅十分复杂, 而且存在一些无法预计的故障模式。其中最糟糕的莫过于它可能会引起两条输入线路短路。此时, 由于 STS 造成两个 UPS 同时与负载接通, STS 便成为了单路径故障点。STS 的故障会波及到上游, 进而影响整个系统的运行。正因为此, 下文将介绍的双系统设计方案的可使用性要好得多, 尤其是当负载设备具备双路冗余供电电路时。在市场上, 有多种不同配置和不同可靠性等级的 STS 可供选择。在该配置中, STS 处于 PDU 的前端(400V 一侧)。这种应用方式十分常见, 不过许多工程师认为, 将 STS 置于两个 PDU 的 220V 一侧会更可靠一些。事实上也确实如此, 但这种方式要比 400VSTS 造价高得多。

●单电源负载: 如果数据机房全部由单电源负载设备组成, 那么每个设备只能由单个 STS 或安装在机柜上的转换开关来供电。冗余结构要获得高可用性, 必须将开关安置在靠近负载的位置。将数百个单电源设备与单个大型 STS 相连, 是一个极其冒险的举动。如果采用多个小型开关分别为部分负载供电, 则可以降低这种危险性。此外, 基于机柜的分布式转换开关也不会像大型 STS 那样, 出现那种会往上波及到多个 UPS 系统的故障模式。因此, 基于机柜的转换开关得到了越来越广泛的采用, 尤其是当单电源负载只占据全部负载的一小部分时。

●双电源负载: 随着时代的发展, 双电源负载日渐成为主流。因此, STS 已不是必不可少的设备。负载可以直接与两个单独的 PDU 相连, 而 PDU 则分别由单独的 UPS 系统供电。

●多个电源同步: 如果数据机房采用 STS 设备, 那么应当使两个 UPS 供电电路保持同步。如果没有同步控制, UPS 模块之间很可能出现相位差, 尤其是当 UPS 采用电池模式时。要防止出现异相转换, 一种解决办法是在两个 UPS 系统之间安装一个同步设备, 使这两个 UPS 系统的 AC 输出同步。当 UPS 模块的输入电源断电, 使用电池工作时, 这一点尤其重要。同步设备可确保所有 UPS 系统在任何时候都保持同步。因此, 在 STS 转换过程中, 电源将保持完全同相, 从而杜绝了异相转换以及可能对下游设备造成的损害。当然, 在各个 UPS 系统之间添加同步设备时, 应当考虑发生常见故障模式, 或发生会同时影响所有 UPS 系统的故障的可能性。

(1)优点如下。

- 便于所有组件的同步维护(如果所有负载均为双电源负载)。
- 与双系统设计相比, UPS 模块较少, 因而成本较低。
- 对于任何特定双电源负载而言, 两条独立的供电线路自服务入口处便提供了冗余。
- 无需将负载转换到旁路模式(负载将处于无保护电源下), 即可对 UPS 模块、开关装置和其它配电设备进行维护。
- 大部分分布式冗余设计都不需要维护旁路电路。

(2)缺点如下。

- 与之前几种配置相比, 由于大量采用开关装置, 因此成本相对比较高。
- 设计是否成功依赖于 STS 设备的运行是否正常, 因为采用 STS 设备即意味着存在单点故障以及复杂的故障模式。

●配置方案复杂。在包含众多 UPS 模块、静态转换开关和 PDU 的大型数据机房中, 要保证各个 UPS 系统均分负载并了解哪些系统为哪些负载供电, 是一项艰巨的管理任务。

- 无法预计的运行模式。UPS 系统具备多种运行模式, 且各 UPS 系统之间存在多种可能

的转换模式。要在预先定好的条件和故障条件下对所有这些模式进行测试,以检验控制策略和故障清除设备是否正常运行是不切实际的。由于未达到满负荷工作状态,UPS 效率低。

5.双系统冗余

多路并联总线、双输入、 $2(N+1)$ 、 $2N+2$ 、 $[(N+1)+(N+1)]$ 以及 $2N$ 等全都指的是该配

置的变体。借助这种设计方案,现在完全可以建立起根本无需将负载转换到市电的 UPS 系统。在设计这些系统时,可以尽量排除每一个可能的单路径故障点。不过,排除的单路径故障点越多,设计方案实施起来代价也越昂贵。大多数大型双系统配置部位于专门设计的、独立的建筑物中,基础设施(包括 UPS、电池、制冷系统、发电机、市电和配电室)占据与数据机房设备同样大小的空间,是很平常的事情。

该配置是行业中最可靠也最昂贵的一种设计。根据设计工程师的理念以及客户要求的不同,它可以非常简单,也可以异常复杂。虽然采用的是同一个名称,但具体的设计细节千差万别,这也是由负责设计任务的设计工程师的理念与知识水平所决定的。图 3-6 显示了该配置的一种变体 $2(N+1)$,它由两个并联冗余 UPS 系统构成。理想情况下,可以采用单独的配电盘,甚至单独的市电和发电机系统为这些 UPS 系统供电。虽然该设计方案的建造成本颇为不菲,但考虑到数据机房设备的重要程度以及停机成本,还是物有所值的。全球许多家大公司都纷纷选择这种配置来保护其关键负载。

该配置的成本高低取决于设计工程师认为要满足客户的需求应当采用何种深度和广度的系统冗余。其基本设计概念是允许每一个电气设备都可以在无需将关键负载转换到市电的条件下出现故障或手动关闭。

$2(N+1)$ 设计的一个共同之处是采用旁路电路,以使部分系统可以被关闭或旁路至备用电源,从而保证了整个系统的冗余。图 3-6 即显示了这样一个示例:UPS 输入面板之间用电路连接,从而可以关闭其中一个市电服务入口,而不会使得任何一个 UPS 系统断电。在 $2(N+1)$ 设计中,倘若单个 UPS 模块发生故障,只会使该 UPS 模块从电路中断开,与之并联的另一个模块将承担起这部分负载。

关键负载为 300kW。因此,共需要 4 个 300kW 的 UPS 模块。两两组成两条独立的并联总线,每条总线分别为两条直接与双电源负载连接的电路供电。图 3-6 中的单电源负载显示了转换开关是如何为该负载提供冗余的。不过,等级 4 电源结构要求所有负载均为双电源负载。

一般而言,选择双系统配置的公司更关心配置是否具备高可用性,而不是其实现成本。这些公司的负载也大多都是双电源负载。除了在分布式冗余配置部分中所讨论的因素之外,该配置方案还有以下几个因素。

●加固:设计出能抵挡自然破坏,并能免受电力系统中可能发生的一连串故障影响的系统以及建筑物,即能够隔离并控制住故障。例如,两个 UPS 系统不应放置在同一个房间内,电池与 UPS 模块也不应位于同一房间中,电路断路器配合是设计中的关键部分。恰到好处的断路器配合可以防止局部短路影响到其余的设备。加固建筑物还可以使建筑物更好地抵抗腿风、地震和洪水的破坏。根据建筑物所处的地理位置,这些都可能是必要的。例如,应当让建筑物远离洪水泛滥的平原、建筑物上空应避开航线、采用厚实的墙壁以及无窗户设计,这些措施都有助于抗干扰。

●静态转换开关(STS):随着双电源 IT 设备的问世,在设计中无需再面对 STS 设备及其烦人的故障模式,从而使系统可用性得到了显著提高。

●单电源负载:要充分利用双系统设计方案的冗余优势,应当将单电源负载与转换开关在机柜内相连。

(1)优点如下。

- 两条独立的供电线路, 无单故障点, 容错性极强。
- 该配置为从电力入口到关键负载的所有线路提供了全方位的冗余。
- 在 $2(N+1)$ 设计中, 即便在同步维护过程中, 他俩存在 UPS 冗余。
- 无需将负载转换到旁路模式(负载将处于无保护电源下), 即可对 UPS 模块、开关装置和其它配电设备进行维护。

- 更容易使各 UPS 系统均分负载, 并了解哪些系统为哪些负载供电。

(2)缺点如下。

- 冗余组件数量多, 成本高。
- 由于未达到满负荷工作状态, UPS 效率低。
- 一般的建筑物不太适合采用可用性极高的双系统, 因为这种系统需要对冗余组件进行分开放置。

6.如何选择合适的配置

企业应当如何来选择最适合自己的配置方案呢?让我们重温一下在选取合适的配置时应当考虑的注意事项。

(1)停机成本或影响。公司每分钟的流动现金有多少?如果发生故障, 系统需要多长时间才能恢复?可以将以上问题的答案作为预算方案讨论的开篇, 答案是 10, 000 元/分钟还是 10, 000 元/小时, 讨论方向自然不同。

(2)风险承受能力。遭遇过重大故障的公司的风险承受能力往往比那些未曾有过此种体验的公司要强, 聪明的公司将会从同行业其它公司身上获取经验数据。公司的风险承受能力越弱, 就越倾向于采用可靠性更高、故障恢复能力更强的方案。

(3)可用性要求。公司在一年之内能忍受多长时间的停机?如果回答是决不能停机, 那么应在预算中选用高可用性的设计。如果公司可以在每天晚上 10 点之后以及大多数周末停机, 那么其 UPS 配置选择并联冗余设计就差不多了。每个 UPS 在某些方面都需要进行维护, 而且 UPS 系统确实安全间歇性地发生一些出人意料的故障。每年计划在维护方面所花的时间越少, 系统需要的冗余设计组件就越多。

(4)负载类型(单电源负载与双电源负载)。虽然双系统的设计概念在双电源设备出现之前便已产生, 但双电源负载的确为这种利用冗余容量的设计方案提供了切实可行的实现机会。计算机制造商们在开始生产双电源负载之前, 无疑会听取其客户的意见。数据机房内负载的特性会为设计者提供一些思路, 不过其作用要远远低于上文所述的各种因素。

(5)预算。从任何方面而言, 实现 $2(N+1)$ 设计的成本都要比单系统设计、并联冗余设计甚至是分布式冗余设计的成本高得多, 让我们以一家大型数据机房为例来看看成本的差距。若该数据机房采用 $2(N+1)$ 设计, 则可能需要 30 个 800kW 的模块(每条并联总线 5 个模块, 共 6 条并联总线)。对于同样的负载, 如果采用分布式冗余设计, 那么只需要 18 个 800kW 的模块, 显然成本要低得多。

在为特定应用环境选择合适的 UPS 系统设计配置方案时, 可以将图 3-7 所示的流程图作为一个切入点。对于没有或很少冗余组件的设计而言, 必然存在停机时段以进行维护。如果不允许停机, 那么应当选择能进行同步维护的设计。只要依次回答流程图中提出的问题, 便可顺利找到最合适的系统。

小结:电源基础设施对于数据机房设备是否能正常运行至关重要, 可供选择的 UPS 配置有根多种, 每一种都有优势, 也有不足之处。只有充分了解了企业的可用性要求, 风险承受能力和预算范围之后, 才能选择合适的设计方案。如文中所分析, 为双电源负载直接供电的 $2(N+1)$ 结构可提供全面的冗余, 排除了单故障点, 因此是可用性最高的一种配置。

深圳天地恒一科技发展有限公司 (86) 755-86212251-26467292-86194065

官方网站: <http://www.tiandihengyi.com>

设计配置选择决策树

(六) UPS 供电范围和容量估算

(1) UPS 配电系统的供电范围是计算机设备、通信设备、网络设备、服务器、监控设备、保安监控系统小型机/服务器、网络主交换机等重要设备。所以要根据机房内设备最终数量考虑。

(2) 在初步设计阶段, 考虑 UPS 容量的计算, 会感到比较繁琐, 因此经常用估算的方法, 一般是按 350W/m² 估算。当用户能够提供用电设备规划时, 则可以按每个机柜的实际用电量 1.5kVA 左右进行核定。则配电池的数量与容量大小及支持时间长短有关。在考虑规范的前提下, 支持时间的长短还要依机房设备的运行需要而定。

另外, 在确定 UPS 容量时, 若条件允许, 则尽量使其输出功率大于用电设备额定功率之和的 1.3~1.5 倍, 作为一种冗余, 为今后负荷的扩展提供方便。