

UPS SHIYONG JISHU YINGYONG YU WEIHU

UPS 实用技术

——应用与维护

周志敏 周纪海 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

UPS 实用技术——应用与维护

周志敏 周纪海 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

UPS 实用技术:应用与维护/周志敏,周纪海编著. —北京:人民邮电出版社,2003.11
ISBN 7-115-11553-2

I. U... II. ①周...②周... III. 不停电电源—基本知识 IV. TN86
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 074631 号

内 容 提 要

本书以 UPS 的实用技术为主线,结合国内外 UPS 技术的发展动向,介绍了 UPS 的分类、结构、新技术应用及其发展趋势,重点放在 UPS 工程应用设计和维护上,列举了 UPS 在电信机房、IDC 机房、有线电视网管中心、民航管制中心、工厂、银行等领域中的具体工程应用实例及数十个 UPS 的检修实例。

本书内容通俗易懂、具体实用,可供电信、航天、信息、电视传输等行业从事 UPS 应用的工程技术人员阅读,也可供高等院校相关专业师生参考。

UPS 实用技术——应用与维护

- ◆ 编 著 周志敏 周纪海
责任编辑 刘 朋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129264
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 365 千字 2003 年 11 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2003 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11553-2/TN · 2149

定价: 20.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010) 67129223

前 言

随着电子技术的高速发展,电子信息系统的应用领域越来越广泛,电子设备的种类也越来越多,电子设备与人们的工作、生活的关系日益密切,越来越多的重要数据、图像和文字要由电子信息系统来处理和存储。电子设备都离不开可靠的电源,如果在工作中突然停电,服务器内随机存储器中的数据和程序就会丢失或损坏,从而造成巨大的经济损失。为了避免出现这些情况,必须设计一种电源系统,它能不间断地为负载提供可靠的电源,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电源的单一功能发展到今天提供后备电源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。

20 世纪 90 年代以来,UPS 技术的发展更是日新月异。许多新的领域,如航天、军事、电信、工控、信息、办公自动化、金融、电视传输等行业,新的要求又对 UPS 提出了更新更高的挑战,推动了 UPS 技术的创新和发展。

本书从 UPS 的发展、结构、新技术应用、冗余技术、蓄电池技术、油机组技术及 UPS 应用的工程设计与维修,多角度地讲述 UPS 技术的发展和应用,并在附录中收集了数百条 UPS 技术术语。为使读者查找方便,附录中的 UPS 技术术语按汉语拼音字母次序排序。深信本书的出版发行对国内 UPS 技术的应用、维护及检修具有一定的指导意义,对 UPS 实际工程设计和应用更具有其实际的经济效益和社会效益。

本书在写作过程中,无论从资料的收集还是从技术信息的交流上,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,书中难免有谬误之处,敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 UPS 的特点及分类	1
1.1.1 UPS 的定义及特点	1
1.1.2 UPS 的分类	2
1.2 UPS 的电路结构和工作原理	4
1.2.1 主要组成部分	4
1.2.2 后备式 UPS	5
1.2.3 在线式 UPS	8
1.2.4 在线互动式 UPS	13
1.2.5 串并联调整式 UPS	16
1.3 UPS 技术的发展趋势	24
1.3.1 新技术在 UPS 中的应用	24
1.3.2 UPS 输出方式的发展	30
1.3.3 UPS 的发展历程	33
第 2 章 UPS 的冗余技术	35
2.1 UPS 的冗余连接技术	35
2.1.1 UPS 的热备份连接	35
2.1.2 UPS 的并联连接	38
2.1.3 UPS 冗余连接的可靠性	44
2.1.4 双总线 UPS 的冗余系统	45
2.2 热同步并机 UPS 供电系统	47
2.2.1 热同步并机技术的工作原理	47
2.2.2 选择性脱机跳闸调控原理	49
2.2.3 热同步 UPS 并机系统	49
2.3 “T”形连接的 UPS 并联运行方案	51
2.3.1 “T”形连接拓扑及并联运行工作原理	51
2.3.2 “T”形连接 UPS 的控制策略	52
2.4 UPS 冗余供电系统	53
2.4.1 UPS 冗余技术的高可用性	54
2.4.2 UPS 冗余方式的选择	55
第 3 章 蓄电池应用技术	59
3.1 蓄电池的分类与应用	59

3.1.1	UPS 常用蓄电池的种类	59
3.1.2	蓄电池技术指标	62
3.1.3	蓄电池的检查与测试	65
3.1.4	蓄电池的充放电	67
3.1.5	蓄电池的使用注意事项	70
3.2	UPS 蓄电池管理技术	73
3.2.1	蓄电池管理技术	73
3.2.2	中、大型 UPS 蓄电池的监测管理	77
3.3	蓄电池的维护技术	82
3.3.1	蓄电池故障分析	82
3.3.2	蓄电池极板硫化现象及原因	87
3.3.3	蓄电池发生爆炸的原因及抑制措施	88
3.3.4	延长蓄电池使用寿命的有效措施	90
第 4 章	油机组技术	93
4.1	现代油机组	93
4.1.1	油机的基本类型	93
4.1.2	同步交流发电机	98
4.1.3	配电装置及控制系统	99
4.1.4	发电机组的功率	100
4.2	油机组与 UPS 的配置	101
4.2.1	UPS 系统与油机组的兼容性	101
4.2.2	发电机与负载	103
4.3	IG-CU 发电机组智能控制模块	110
4.3.1	控制模块的基本功能	111
4.3.2	控制模块的应用	111
4.4	油机维护技术	112
4.4.1	柴油发电机组的维护保养	113
4.4.2	汽油机供油系统常见故障的排除方法	114
4.4.3	柴油机供油系统压缩故障的排除方法	115
4.4.4	汽油机电路系统常见故障的排除方法	116
4.4.5	汽油机综合故障检修	118
第 5 章	大功率 UPS 的结构及其应用	121
5.1	大中型 UPS 的工作原理和静态转换开关	121
5.1.1	大中型 UPS 的工作原理	121
5.1.2	大中型 UPS 的静态转换开关	126
5.2	智能型大功率“绿色环保”UPS	128
5.3	大功率超隔离 UPS 设计及其特性	131

5.4 电力系统用三相 UPS 的设计	133
5.4.1 系统结构	133
5.4.2 控制电路	136
5.5 UPS 在电厂应用中问题探讨	138
5.5.1 系统电源的规划配置	138
5.5.2 UPS 的输出容量	139
5.5.3 大中功率 UPS 的发展动向	142
第 6 章 UPS 的设计与应用	143
6.1 UPS 的供电环境	143
6.1.1 公共电网干扰	143
6.1.2 供电环境对 UPS 的要求	144
6.2 UPS 的设计趋势	150
6.2.1 UPS 未来的设计理念	150
6.2.2 监控系统的构成	154
6.3 UPS 在民航管制中心中的应用	159
6.3.1 供电系统的总体设计	159
6.3.2 安装及维护	161
6.4 UPS 在电信机房中的应用	163
6.4.1 电信机房电源系统配置	163
6.4.2 电信机房用 UPS 的主要特点	166
6.4.3 电信机房供电系统的设计	170
6.4.4 电信机房用 UPS 供电系统解决方案实例	173
6.5 UPS 在 IDC 机房中的应用	175
6.5.1 总体设计	175
6.5.2 IDC 机房用 UPS 系统解决方案	181
6.6 UPS 在有线电视网络中的应用	184
6.6.1 有线电视网络用 UPS 的选择	184
6.6.2 UPS 系统设计工程的实施	186
6.6.3 有线电视专用网管 UPS 系统的设计	188
6.7 关键应用领域 UPS 供电系统	190
6.7.1 UPS 选择的步骤	190
6.7.2 UPS 在企业控制系统中的解决方案	192
6.7.3 某银行 UPS 系统集中管理方案	194
第 7 章 UPS 的安全使用与检修	196
7.1 UPS 的安全使用与维护	196
7.1.1 UPS 的安全使用	196
7.1.2 UPS 软件的使用	197

7.1.3	UPS 使用注意事项	198
7.1.4	UPS 日常维护	199
7.2	UPS 的故障诊断及对策	200
7.2.1	UPS 故障诊断	201
7.2.2	常见的 UPS 故障及对策	202
7.3	UPS 故障检修实例	203
7.3.1	Stand UPS-500	203
7.3.2	Santak UPS-500	204
7.3.3	Sendon UPS-600	206
7.3.4	Hansa Model FH-500 型 UPS	206
7.3.5	APC Silcon DP32OE 型 UPS	207
7.3.6	燕标 2kVA UPS	208
7.3.7	山特 C3kVA 型 UPS	209
7.3.8	山特 8222 型 UPS	218
7.3.9	山特牌 500VA(后备式)UPS	220
7.3.10	FUDEN-1kVA UPS	221
附录:UPS 技术术语		222
参考文献		233

第1章 概 论

1.1 UPS 的特点及分类

1.1.1 UPS 的定义及特点

UPS 的英文全称是 Uninterruptible Power Supply, 意为不间断电源系统, 即 UPS 是一种能为负载提供连续电能的供电系统。它的产生完全是当代社会计算机技术、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中的广泛应用, 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, 计算机内随机存储器中的数据 and 程序就会丢失或损坏。更为严重地是, 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系统等中的数据的话, 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。另外, 计算机内部的滤波电容放电只能维持计算机工作 $8\sim 10\text{ms}$ 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 系统。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 有以下几个显著特点。

1. 供电可靠性高

由于 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。

2. 供电质量高

由于采用了微机控制的电子负反馈电路, 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 $\pm 0.01\%\sim \pm 0.5\%$, 电压失真度也较小 (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 (Pulse -Width Modulation, 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流过, 故自身损耗小, 其供电效率可达 90% 以上。

4. 故障率低，维护容易

由于采用了微处理器监控技术和先进的 IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, 绝缘栅双极晶体管) 驱动型 SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation, 正弦波脉冲宽度调制) 技术等, 目前 UPS 可靠性已达到了极高的水平。对于大型 UPS 来讲, 其单机的年均无故障工作时间 (MTBF) 超过 20 万小时已不成问题。如果采用双总线输入+双总线输出的多机“冗余”型 UPS 供电系统, 其 MTBF 甚至可达 100 万小时数量级。

1.1.2 UPS 的分类

目前, 市场上 UPS 品牌和种类繁多, 但可从电路主结构、后备时间、输入/输出方式、输出波形和输出容量等五个方面对其进行分类, 其中按电路主结构进行分类是目前最常用的分类方法。

1. 按电路主结构分类

(1) 后备式 UPS

早期的后备式 UPS 在市电供电正常时, 市电直接通过交流旁路和转换开关向负载供电, 交流旁路相当于一条供电回路, 逆变器不工作, 此时供电效率高但质量差。近年出现的后备式 UPS 往往在交流旁路上配置了交流稳压电路和滤波电路加以改善。当市电异常 (市电压、频率超出后备式 UPS 允许的输入范围或市电中断) 时, 后备式 UPS 通过转换开关切换到由蓄电池提供电能的状态, 逆变器进入工作状态, 此时输出波形为交流正弦波或方波。后备式 UPS 存在切换时间, 一般为 4~10ms, 但对一般的计算机设备的工作不会造成影响。由于后备式 UPS 工作时输出波形大都为方波, 供电质量相对较差, 只适用于要求不高的场合, 并且功率一般都较小, 多在 2kW 以下。但后备式 UPS 产品有着价格优势, 比较便宜, 适合于小型办公企业和家庭用户使用。

(2) 在线式 UPS

在线式 UPS 一般采用双变换模式。当市电正常时, 在线式 UPS 输入交流电压, 通过充电电路不断对蓄电池进行充电, 同时 AC/DC 电路将交流电压转换为直流电压, 然后通过脉冲宽度调制技术, 由逆变器再将直流电压逆变成交流正弦波电压并供给负载, 起到无级稳压的作用。而当市电中断时, 后备蓄电池开始工作, 此时蓄电池储存的电能通过逆变器变换成交流正弦波或方波并供给负载, 因此无论是在市电供电正常时还是市电中断、由蓄电池逆变供电期间, 逆变器始终处于工作状态, 这就从根本上消除了来自电网的电压波动和干扰对负载的影响, 真正实现了对负载的无干扰、稳压、稳频以及零转换时间。在线式 UPS 的这种特点使它比较适合于用外加蓄电池或加装优质发电机的方法改装成长时间不间断供电的系统。在线式 UPS 输出多为正弦波, 电压和频率比较稳定, 所以它多被用在供电质量要求很高的场所。

(3) 双逆变电压补偿在线式 UPS

双逆变电压补偿技术也称为 Delta 技术, 是目前国际上最先进的技术, 它成功地将交流稳压技术中的电压补偿原理运用到 UPS 的主电路中。当市电正常时, 两组逆变器只对输入电压与输出电压的差值进行调整和补偿, 逆变器承担的最大功率仅为输出功率的 20%, 所以功率强度很小, 功率余量大, 这就增强了 UPS 的输出能力和过载能力, 不再对负载电流

波峰系数予以限制,可从容地对付冲击性负载,也不再对负载功率因数进行限制,输出有功功率可以等于标定的 kVA 值。总而言之,Delta 技术的运用不仅弥补了原来在线式 UPS 的不足,还使得 UPS 的许多主要指标有了新的突破。

(4) 在线互动式 UPS

在线互动式 UPS 是介于后备式 UPS 和在线式 UPS 工作方式之间的 UPS 设备,它集中了后备式 UPS 效率高和在线式 UPS 供电质量高的优点。在线互动式 UPS 的逆变器一直处于工作状态,具有双向功能:在市电正常时,UPS 的逆变器处于反向工作状态,给蓄电池组充电,起充电器的作用;在市电异常时,逆变器立刻转入逆变工作状态,将蓄电池组的直流电压转换为交流正弦波并输出。在线互动式 UPS 也有转换时间,但比后备式 UPS 短,保护功能较强。另外,它还采用了铁磁谐波变压器,在市电供电时具有较好的稳压功能。由于充电器与逆变器共用一个模块,在给蓄电池组充电时,由逆变器产生的高频成分很难被滤掉,充电效果不是非常令人满意,因此不适合长延时的 UPS。在线互动式 UPS 的价格远远低于在线式 UPS,而只比后备式 UPS 价格稍高,因此也是一种适合小型办公或家庭使用的 UPS。

2. 按后备时间分类

(1) 标准机

配备有内置蓄电池组的 UPS 称为标准机。由于受体积和重量的限制,标准机仅局限于中、小功率的 UPS。标准机一般配置小容量的蓄电池,所以后备时间不长。现行的标准机大多采用 7Ah (安时) /12V 的蓄电池。功率越大,它所用蓄电池的节数也越多,如 1kVA 的在线式 UPS 用 3 节 7Ah/12V 的蓄电池,3kVA 的用 8 节,6kVA 的用 20 节。其实蓄电池的使用个数根本上取决于蓄电池的规格和 UPS 的充电电压。因为大功率 UPS 的充电电压比小功率 UPS 的充电电压要高,因此对于同一规格的蓄电池,大功率 UPS 所使用的蓄电池的节数就要比小功率 UPS 多。

(2) 长效机

需外接蓄电池组的 UPS 称为长效机,长效机的容量从几百伏安到几十千伏安可供选择。在实际应用中长效机有着很大的机动性,用户可以根据自己所需后备时间的长短来确定采用何种容量的蓄电池。UPS 的后备时间与蓄电池容量的关系可以根据以下的公式来确定:

$$C = \frac{PP_F}{U\eta C_1} \quad (1-1)$$

其中: C ——蓄电池容量,单位为安时 (Ah);

P ——UPS 的额定功率,单位为伏安 (VA);

P_F ——UPS 的功率因数;

U ——蓄电池组的直流端电压 (V),为单节蓄电池额定电压与蓄电池节数的乘积;

η ——逆变器的效率,为 0.86;

C_1 ——蓄电池的放电速率,该值可以根据 UPS 所需后备时间 t 的长短在电池的放电曲线图上查得,例如当 $t=1\text{h}$ 时, $C_1=0.55$; $t=2\text{h}$ 时, $C_1=0.35$; $t=4\text{h}$ 时, $C_1=0.20$; $t=8\text{h}$ 时, $C_1=0.11$ 。

3. 按输入/输出方式分类

根据输入/输出方式,可分为单相输入/单相输出 UPS、三相输入/单相输出 UPS 和三

相输入/三相输出 UPS。

小功率 UPS 都采用单相输入/单相输出方式，而中、大功率 UPS 多采用三相输入/单相输出和三相输入/三相输出方式。对于用户来说，采用三相供电时市电配电和负载配电比较容易，每一相都承载一部分负载电流。

4. 按输出波形分类

按输出波形，可分为输出波形为正弦波的 UPS 和输出波形为方波的 UPS。输出波形为方波的 UPS 不适合带感性负载，因为感性负载会使方波产生瞬态尖波，从而给 UPS 和负载设备造成破坏。大多数后备式 UPS 的输出波形为方波。

5. 按输出容量分类

按输出容量，可分为微型 UPS（输出功率小于或等于 1kVA）、小型 UPS（输出功率大于 1kVA 而小于或等于 5kVA）、中型 UPS（输出功率大于 5kVA 而小于或等于 30kVA）以及大型 UPS（输出功率大于 30kVA 而小于或等于 100kVA）。

1.2 UPS 的电路结构和工作原理

从主电路结构和不间断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）。

1.2.1 主要组成部分

1. 整流充电器

整流充电器可以把市电或油机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）可控硅整流器

可控硅整流器输出容量大，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

二极管与 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电流。因 UPS 的逆变器采用电子器件,如 IGBT 管的过载能力仅为 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的,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来,由 UPS 继续向其他负载供电。旁路开关可分为以下几种。

(1) 静态旁路开关

静态旁路开关为无触点开关,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(约几毫秒至几十毫秒)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 1ms 以下,甚至 100 μ s 以内,但损耗较大。

(2) 动态旁路开关

动态旁路开关为有触点开关,由接触器和断路器构成,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。在市电正常时,由充电器为其提供电能并转换为化学能;在市电中断时,其将化学能再转换为电能,为逆变器提供能量。

1.2.2 后备式 UPS

后备式 UPS 是静止式 UPS 的最初形式,因为应用得早,用得广泛,因而技术和产品都是很成熟的。后备式 UPS 的电路结构如图 1-1 所示。

1. 电路各环节的功能

(1) 充电器

当市电正常时,充电器对蓄电池进行充电和浮充电。

(2) DC/AC 逆变器

当市电存在时,逆变器不工作;市电中断时,由它将直流电压(由蓄电池供给)转变成符合负载要求的交流电压,电压波形有方波、准方波和正弦波三种形式。

(3) 输出转换开关

当市电存在时,输出转换开关接通输入电源,向负载供电;市电中断时,输出转换开关

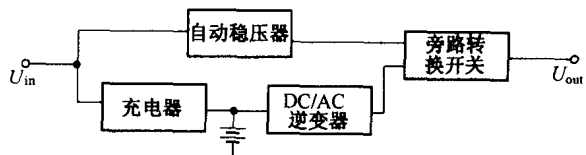


图 1-1 后备式 UPS 的电路结构

在断开市电回路的同时接通逆变器，继续向负载供电。

(4) 智能调压电路

市电存在时，智能调压电路可用来调节并稳定输出电压。

2. 后备式 UPS 的工作原理

后备式 UPS 的工作原理为：当电网供电正常时，一路市电通过整流器对蓄电池进行充电，而另一路市电通过自动稳压器初步稳压，吸收部分电网干扰后，再由旁路转换开关直接提供给用户。此时，蓄电池处在充电状态，直到蓄电池充满而转入浮充状态。UPS 相当于一台稳压性能较差、无交流稳压功能的稳压器，仅对市电电压幅度波动有所改善，对电网上出现的频率不稳、波形畸变等“电污染”不作任何调整。

当电网电压或电网频率超出 UPS 的输入范围时，即在非正常的情况下，交流电的输入已被切断，充电器停止工作，蓄电池进行放电，在控制电路的控制下逆变器开始工作，使逆变器产生 220V、50Hz 的交流电，此时 UPS 供电系统转换为由蓄电池—逆变器继续向负载供电。后备式 UPS 的逆变器总是处于后备供电状态。

后备式 UPS 的优点是：产品价格低廉，运行费用低。由于在正常情况下逆变器处于非工作状态，电网电能直接供给负载，因此后备式 UPS 的电能转换效率很高。蓄电池的使用寿命一般为 3~5 年。

后备式 UPS 的缺点是：当电网供电出现故障时，由电网供电转换到蓄电池经逆变器供电瞬间存在一个较长的转换时间。对于那些对电能质量要求较高的设备来说，这一转换时间的长短是至关重要的。再者，由于后备式 UPS 的逆变器不是经常工作的，因此不易掌握逆变器的动态状况，容易形成隐性故障。后备式 UPS 一般应用在一些非关键性的小功率设备上。

从上面后备式 UPS 的工作原理可以看出，在大部分供电时间内，负载所使用的电源就是市电（或经过调压器简单调压的市电），负载还是会承受从市电网路进来的浪涌、尖脉冲、干扰、频率漂移等不良影响。显然，这时的 UPS 实质上是一台性能较差的稳压器，只能对市电的电压高低问题有所改善，而不能解决大部分市电供电中的问题，它是一种价格便宜、技术含量较低的 UPS，适合不太重要的单台 PC 机使用。

3. 后备式正弦波输出 UPS 的主要特点

后备式正弦波输出 UPS 的电路中采用了抗干扰式分级调压稳压技术，当市电电压在 180~250V 之间变化时，它都能向微型计算机提供抗电网高频干扰的稳压电源，其电压稳定度可达 $\pm 5\%$ 。仅当市电的电压低于 180V 或高于 250V 时，逆变器才工作，蓄电池储存的直流电转换为正弦交流电并提供给负载。然而，后备式 UPS 仅仅在由蓄电池供电的短暂时间（一般为 15min）内，才向负载提供高质量的无干扰的正弦波交流电。后备式正弦波输出 UPS 的单机输出功率为 0.25~2kVA，它具有以下特点：

① 后备式正弦波输出 UPS 的波形失真系数小于 5%。当后备式 UPS 的负载过轻时，其波形失真系数将有所增大，因此这种 UPS 的负载需达到其额定值的 30% 以上。

② 后备式正弦波输出 UPS 的控制电路采用了 50Hz 市电同步技术，在一定程度上解决了市电—逆变器之间供电转换时的交流电同步问题。目前，市售产品的转换时间大约为

4ms。也就是说，这类 UPS 在进行市电—逆变器供电转换时，其转换时间决定了它对负载大约有 4ms 的供电中断，小于微型计算机允许的中断值 10ms。

③ 后备式正弦波输出 UPS 处于市电供电状态时，由于市电是直接通过抗干扰滤波器对负载供电的，因此噪声较小；处于逆变器工作状态时，由于脉宽调制频率为 8kHz，因此噪声偏大，一般在 55dB 左右。

④ 后备式正弦波输出 UPS 在市电或逆变器供电时均采用同一电源变压器，其交流输出端的相线与零线的位置是固定的。用户在连接这种 UPS 输出端的相线与零线时，必须遵守厂家的有关规定。另外要说明的是，220V 交流输出的零线也就是 UPS 控制电路的地线。

⑤ 在后备式正弦波输出 UPS 的产品说明书中，一般没有给出输出电压瞬变特性。

4. 后备式方波输出 UPS 的主要特点

后备式方波输出 UPS 的单机输出功率为 0.25~1kVA。该机型与后备式正弦波输出 UPS 的不同之处在于：当市电电压低于 180V 或高于 250V 时向负载提供的是具有稳压特性的 50Hz 方波电源。后备式方波输出 UPS 适直接电阻性负载，如果接感性负载的话，会烧毁 UPS 的逆变器或对负载造成损坏。后备式方波输出 UPS 具有以下特点：

① 后备式方波输出 UPS 在电路设计中采用了抗干扰式分级调压稳压技术。当市电电压在 180~250V 之间变化时，它仍能向微型计算机提供抗电网干扰的稳压电源。当市电中断时，它向负载提供的交流电不是正弦波而是方波，其电压稳定度可达 $\pm 5\%$ 。

② 后备式方波输出 UPS 的逆变器输出的方波脉冲宽度和峰值与负载电流的关系是：负载越重，方波脉冲的宽度越大，而方波脉冲的峰值越小。当 UPS 空载时，方波脉冲的宽度最窄（约 98° ），方波的峰值最大（约 311V）。因此，这种 UPS 在从市电供电转换到逆变器供电的瞬间，负载要承受严峻的电压冲击。同时，由于方波输出中包含有大量的高次谐波分量，因此相对于方波输出 UPS 而言，负载的整流滤波电容要承受较大的容性电流冲击。

③ 后备式方波输出 UPS 在线路设计中没有采取 50Hz 市电同步技术，因此在进行市电—逆变器供电转换过程中，有可能出现瞬时的交流电短路，有时负载在转换瞬间要承受接近电源电压两倍的电压的冲击。另外，方波输出时其正、负方波电压脉冲之间有可能出现近 5ms 的零电压时间，加上在市电供电—逆变器供电转换过程中继电器有约 4ms 的转换时间，就可能出现 9ms 的供电中断。也就是说，这种类型 UPS 转换时间的长短带有偶然性，其变化范围为 4~9ms。

④ 后备式方波输出 UPS 不管是处于市电供电状态还是逆变器供电状态，它的工作频率都是 50Hz，所以这种 UPS 的噪声较小。

⑤ 后备式方波输出 UPS 在市电供电和逆变器供电时都采用同一电源变压器，它的交流输出相线与零线的位置是固定的，用户在连接这种 UPS 输出线的相线和零线时，必须遵守厂家的有关规定，不能改变其相互关系。

⑥ 后备式方波输出 UPS 的产品说明书规定，它只能连接微型计算机及其外围设备，不能同其他性质的负载相连。否则，产品的技术性能得不到保证，还有损坏 UPS 的危险。

⑦ 后备式方波输出 UPS 不能进行频繁的关闭和启动操作。一般要求在关闭 UPS 后至少要等待 6s 左右才能再次开启，否则可能出现既无市电输出又无逆变器电压输出的不正常现象。

⑧ 后备式方波输出 UPS 的产品说明书中，没有给出输出电压瞬变特性这一技术指标。

1.2.3 在线式 UPS

对电源要求越来越高的信息设备,采用后备式和互动式 UPS 时其供电的技术指标都不如在线式 UPS。所谓在线式,是指不管电网电压是否正常,负载所用的交流电压都要经过逆变电路,即逆变电路始终处于工作状态,在线式 UPS 一般为双变换结构。所谓双变换是指 UPS 正常工作时,电能经过了 AC/DC、DC/AC 两次变换后再供给负载。

当然为了提高系统的可靠性,双变换在线式 UPS 一般增加了自动旁路电路。小功率采用继电器转换便能满足要求,而大功率一般为采用可控硅(SCR)方式的静态开关。在过载或双变换电路部分故障时负载由旁路供电,这是非正常工作状态,这种情况出现的概率比电网不正常概率要小得多。功率较大的 UPS 在此基础上还增加了手动旁路(维修开关),用于维修时保证负载继续运行。

1. 双变换在线式 UPS

(1) 电路各环节功能

当前,绝大多数在线式 UPS 都采用双变换电路结构,图 1-2 为双变换在线式 UPS 结构图。图 1-2 所示电路各环节功能如下。

① 变换器 1:该变换器为 AC/DC 单向变换。当市电存在时,它完成对蓄电池的充电,并通过变换器 2 向负载供电。该变换器多为不可控整流或可控整流电路。

② 变换器 2:该变换器为 DC/AC 单向逆变。当市电存在时,它由变换器 1 获得直流电能后再转换为交流并输出至输出端,并保证向负载提供高质量的交流电源;当市电中断时,由蓄电池通过变换器 2 向负载供电。

③ 旁路开关:平时处在断开状态,当变换电路发生故障,负载有冲击性故障(例如启动负载时)或发生过载故障时,变换器停止输出,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。

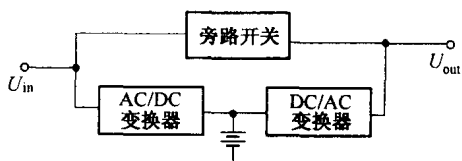


图 1-2 双变换在线式 UPS 结构图

(2) 在线式 UPS 的工作原理

在线式 UPS 的工作原理如图 1-3 所示。当电网供电正常时,电网输入的电压一路经过噪声滤波器去除电网中的高频干扰,以得到纯净的电压,然后进入充电器对蓄电池充电;另一路进入整流器进行整流和滤波,并将交流电转换为平滑直流电供给逆变器,而逆变器又将直流电转换成 220V、50Hz 的交流电供负载使用。

当发生断电时,交流电的输入已被切断,充电器不再工作,但这时蓄电池放电,把能量输送到逆变器,再由逆变器把直流电变成交流电供负载使用。因此,对负载来说,尽管市电已不复存在,但此时负载并未因断电而停运,仍可以正常运行。

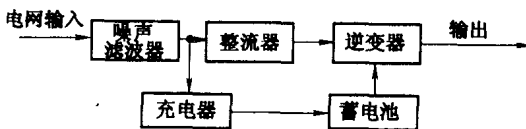


图 1-3 在线式 UPS 工作原理框图

目前,在线式 UPS 使用得较为普遍。无论市电正常与否,在线式 UPS 的逆变器始终处于工作状态。逆变器具有稳压和调压作用,因

此在线式 UPS 能对电网供电起到“净化”作用。同时具有过载保护功能和较强的抗干扰能力,供电质量稳定可靠,但其价格较贵。在线式 UPS 可以从根本上完全消除来自市电的任何电压波动和干扰对负载工作的影响,真正实现了对负载的无干扰、稳压、稳频供电。在线式 UPS 输出的正弦波的波形失真系数小,目前一般市售产品的波形失真系数均在 3% 以内。

当市电供电中断时,UPS 的输出不需要一个开关转换时间,因此其负载电能的供应是平滑稳定的。在线式 UPS 能实现对负载的真正的不间断供电,因此从市电供电到市电中断的过程中,UPS 对负载供电的转换时间为零。

由于在线式 UPS 工作过程是先对蓄电池充电,当市电供电中断或超出 UPS 允许输入范围时,再由逆变器将蓄电池的电逆变成交流电能,因此其电能的转化过程中有大约 20% 的电能损失,而且该过程所产生的热能又影响蓄电池的寿命和电路的可靠性。

(3) 传统双变换在线式 UPS

这是一种目前应用历史最长,认为性能最好的 UPS。它的结构特点是除了具有整流器和逆变器外,还有输出隔离变压器。增加隔离变压器的主要原因是:由于过去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。因其配有输出隔离变压器,可以将负载与市电中线进行有效的隔离和缓冲。

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交流电压供给负载。由于负载功率完全通过两个变换器,因此属于串联调整范畴。属于这种结构的 UPS 有 IMEL、Imvssitepro Fenton、M. G、Exide (大容量挡)、Sicon 及 Socomec 等,这类 UPS 具有以下特点:

① 除作单机运行外,还可并联增容和冗余,UPS 在多机并联时可共用一套蓄电池组或具有各自的蓄电池组;

② 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;

③ 负载电压上无直流电流分量,容量可达 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。在很多重要部门,如电视台、新闻、石化、航空、金融等单位大都采用了此类结构的产品。

传统双变换在线式 UPS 的拓扑结构如图 1-4 所示。在图 1-4 中,AC/DC 采用全波整流滤波电路,整流器可为 SCR 全控整流、半控整流及不控整流。可控硅 (SCR) 整流一般用在中、大功率 UPS 中,技术相当成熟。SCR 工作在低频,控制简单,运行稳定可靠,效率高,整流器造价低。而对于小功率 UPS 来说,则将 220V 交流电压直接整流滤波更简单、更可靠,成本更低。UPS 的稳压功能是由逆变器 DC/AC 来完成。

这种拓扑结构的 UPS 输入功率因数低 (一般为 0.7 左右),输入电流谐波大 (最大达 30%),改用 12 相整流 (三相输入) 或加输入滤波电感,输入功率因数可提高到 0.9 左右,谐波电流降到 10% 以下。

UPS 的输入功率因数低,意味着输入无功功率大,输入谐波电流污染市电电网,以脉动断续方式向电网索取电流。这种脉动电流在市电电网沿线路阻抗上形成脉动电压并叠加在电网电压的正弦波上,造成电压失真,这就是所谓电力公害,使得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并影响电表计算精度。