

UPS 不间断电源 剖析与应用

DISSECTION & USE OF UNINTERRUPTABLE POWER SYSTEM

王其英 何春华 编著

科学出版社

UPS 不间断电源剖析与应用

王其英 何春华 编著

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

D196/36 03

本书详细介绍了 UPS 的分类, UPS 各组成部分的原理、电路及设计和调试方法,对可靠性、输入功率因数及输出功率因数的补偿、噪声产生的机理与抑制方法、UPS 的并联及监控软件的采用以及 UPS 的长延时系统作了更为详细的分析。书中列举很多实例,并针对使用中的一些问题进行了阐述。

本书可供从事 UPS 产品研制开发、使用的工程技术人员,高等学校有关专业的师生及其他从事电路工作的技术人员参考。对 UPS 的用户来说,本书也提供了很多有益的资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

UPS 不间断电源剖析与应用 / 王... 何... 等著。—北京: 科学出版社, 1996

ISBN 7-03-004999-3

I. U... I. ①王... ②何... 不间断电源; UPS-概论 N. TM·41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 02373 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1996 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1996 年 5 月第一次印刷 印张: 21 1/2

印数: 1-4500 字数: 495 000

定价: 35.00 元

前 言

自从电子设备尤其是计算机问世以来，供电电源的扰动就被提到了重要的议事日程上来。据美国 IBM 公司的一项研究表明，一台计算机在一个月将受到超过 120 次的电源故障干扰。

电源故障干扰的来源有：

自然环境：雷电、风沙、雨雪、高温、海洋上的盐雾等；

工业干扰：大型用电设备的启动和停止，车辆的点火，工业生产中产生的火花，磁场，高频发射，设备布线不合理等等。

以上这些干扰以辐射和传导的形式进入电源电缆而窜入用电设备。据美国 Contingency Planning Research 公司报道，计算机 45% 的数据丢失都来源于供电电源的故障和浪涌。这些干扰还可能损坏硬件，降低工作效率，甚至使工作陷于瘫痪。

利用各种型式的交流稳压器可以抑制部分干扰和在一定范围内稳定电压，在一定程度上为计算机和其他电子设备的正常运行起到保证作用。然而，交流稳压器对由于各种原因造成的电网停电却无能为力。所幸的是，不间断电源 UPS 的问世圆满地解决了目前存在的供电质量问题。

UPS 不间断电源，从最原始的飞轮发电机式到今天的几乎囊括了当代所有电子技术、信息技术的智能化产品，已度过了三十多个春秋。现在的 UPS 已今非昔比，由从前的简单用途（开始只给计算机供电）发展到今天几乎深入到国民经济的各个领域，如科研、国防、航天、通讯、医疗卫生、工农业生产、银行证券、商贸销售、交通运输等等。

UPS 发展之快是一个可喜的现象。然而由于人们对 UPS 的了解不够，在产、供、销、用等方面出现了不协调的情况。

UPS 制造商尤其是一些组装厂，由于缺乏对 UPS 理论知识的较全面的了解，致使在生产过程中碰到问题无法解释，也无法从根本上解决，给产品埋下了隐患。当然有的是为了成本和利润的关系，不知轻重地在元器件的选用、结构件的制造、蓄电池的配置等环节上把关不严，致使产品合格率不高，失效期提前，损害了用户的利益。

UPS 的推销商不应只以盈利为目的，更主要的是当好用户的参谋，只有这样才能建立起供应商和客户之间良好的长期合作关系。但由于不少推销商对 UPS 只懂一些皮毛或者是一窍不通，结果达不到合理销售的目的，甚至有的在完全不了解 UPS 性能的情况下，硬要给 UPS 配长延时，结果出了事故，等等。

UPS 用户多半缺乏这种设备的知识，致使在选购 UPS 时分不清优劣，辨不出真假，或者所买非所用，结果造成了不应有的损失，影响了工作。

对于长期接触 UPS 而又想深入了解的好学者来说，又苦于无资料可寻，即使有一些资料，也不是很系统、很全面，得不到一个完整的知识。

因此，UPS 知识到了或已经到了普及的时候了，只有对其知识的普及才能推动 UPS 更好地应用，只有普及 UPS 知识才可以提高 UPS 的制造水平，提高产品的质量。

本书的目的首先想为普及 UPS 知识作些工作，因此在书中对 UPS 的组成部分分别从系统到单元进行了较为全面的讨论，论述中力求深入浅出，有理论，有具体实例，有框图也有具体电路等，能给初学者一套完整的 UPS 知识。

书中对 UPS 的发展及当前急需研究和解决的问题也进行了讨论。如 UPS 功率变换器件的发展及优缺点；IGBT 的出现是否就完全取代了已往和现在正在应用的 GTR，MOSFET 等；UPS 功率因数的校正有哪些途径可寻；UPS 在外加长延时情况下，应注意哪些问题，采用什么方案更加稳妥；UPS 和计算机联网通讯时应具有的智能化作用和软件等等。

无论你是 UPS 的初学者，或是从事 UPS 工作比较久的工程技术人员和研究者，均可从本书中找到你感兴趣问题的答案。但由于笔者的水平所限，难免有谬误之处，切望读者批评指正，以求共勉。如本书能起到抛砖引玉之作用，那将是笔者的最大快乐！

本书在编著过程中得到了中国科学院张广明研究员及中国电源学会北京咨询部、北京电子学会电源技术咨询部的大力支持，在此致以衷心的感谢！

王其英 何春华

1995 年 10 月于北京

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 引论 | 1 |
| 第一章 概述 | 12 |
| 1-1 定义与构成 | 12 |
| 1-2 Deltec 的三端口方案 | 16 |
| 1-3 UPS 的效率 | 17 |
| 1-4 UPS 单机及多机并联的可靠性 | 18 |
| 1-4-1 定义 | 19 |
| 1-4-2 UPS 不同组合的比较 | 20 |
| 1-5 UPS 指标的说明 | 28 |
| 1-5-1 输入 | 28 |
| 1-5-2 蓄电池 | 28 |
| 1-5-3 输出 | 29 |
| 1-5-4 效率 | 30 |
| 1-5-5 物理条件 | 30 |
| 1-6 电网污染的术语浅释 | 31 |
| 第二章 整流充电器及蓄电池 | 34 |
| 2-1 整流充电器 | 34 |
| 2-1-1 东芝 μ -1100 UPS 的充电电路 | 35 |
| 2-1-2 Pulse 3kVA UPS 的充电电路 | 38 |
| 2-1-3 某大容量 UPS 的整流充电器 | 40 |
| 2-2 蓄电池 | 44 |
| 2-2-1 蓄电池的工作原理 | 44 |
| 2-2-2 充电 | 44 |
| 2-2-3 放电 | 46 |
| 2-2-4 过放电和贮存 | 49 |
| 2-2-5 蓄电池的服务寿命 | 51 |
| 第三章 逆变器 | 55 |
| 3-1 方波与准方波 | 55 |
| 3-1-1 方波 | 55 |
| 3-1-2 准方波 | 56 |
| 3-2 阶梯波 | 58 |
| 3-2-1 叠加式阶梯波 | 58 |
| 3-2-2 离散型阶梯波 | 61 |
| 3-3 脉宽调制 (PWM) 波 | 65 |
| 3-3-1 正弦波发生器 | 65 |
| 3-3-2 方波与三角波发生器 | 68 |
| 3-3-3 比较器与调宽波 | 69 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 3-3-4 | 输出电路 | 72 |
| 3-4 | 脉宽阶梯混合波 | 74 |
| 3-5 | 梯形波 | 75 |
| 3-5-1 | 问题的提出 | 75 |
| 3-5-2 | 电路的构成 | 76 |
| 3-5-3 | 双向直流变换器 | 77 |
| 3-5-4 | 驱动电路 | 78 |
| 3-5-5 | 输出级 | 81 |
| 3-6 | 用于逆变器的元器件 | 81 |
| 3-7 | 绝缘门极晶体管 (IGBT) 及其他新型器件 | 83 |
| 3-7-1 | 概述 | 83 |
| 3-7-2 | 绝缘门极晶体管 | 85 |
| 3-7-3 | 绝缘门极晶体管在应用中的局限性 | 101 |
| 第四章 | 三端口 UPS 的电路基础 | 103 |
| 4-1 | 交流电网调节器 | 103 |
| 4-1-1 | 正弦能量分配交流稳压器——净化电源 | 103 |
| 4-1-2 | 数控型交流电网调节器——抽头换接式 | 115 |
| 4-1-3 | 抽头补偿型交流电压调节器 | 118 |
| 4-1-4 | 自耦式交流电压调节器 | 122 |
| 4-2 | 双向变换器 | 126 |
| 4-2-1 | 推挽双向变换器 | 126 |
| 4-2-2 | 半桥式双向变换器 | 127 |
| 4-2-3 | 全桥式双向变换器 | 128 |
| 4-2-4 | 三端口电路简介 | 129 |
| 第五章 | UPS 的跟踪与负载转接 | 135 |
| 5-1 | 问题的提出 | 135 |
| 5-2 | 相位跟踪 | 135 |
| 5-3 | 实现锁相的方法 | 137 |
| 第六章 | UPS 备用时间的延长 | 142 |
| 6-1 | 概述 | 142 |
| 6-2 | 铅酸蓄电池的充电 | 143 |
| 6-2-1 | 电池的极化 | 143 |
| 6-2-2 | 快速充电 | 144 |
| 6-2-3 | 快速充电的优越性 | 145 |
| 6-2-4 | 快速充电应注意的几个问题 | 145 |
| 6-3 | 快速充电器电路的构成 | 146 |
| 6-3-1 | UPS 充电速度慢的关键 | 146 |
| 6-3-2 | 低压快速充电器 | 147 |
| 6-3-3 | 高压快速充电器的构成 | 149 |
| 6-3-4 | 电路中各主要参数的计算 | 152 |
| 6-3-5 | 放电环节 | 156 |
| 6-3-6 | 蓄电池容量的计算 | 158 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6-4 | 中大容量充电系统的构成 | 161 |
| 6-4-1 | 充电器 | 161 |
| 6-4-2 | 电池电压指示器 | 164 |
| 6-4-3 | 切换控制器 | 167 |
| 6-4-4 | 充电电平的保持及电池容量的计算 | 171 |
| 第七章 | 几种典型 UPS 介绍 | 177 |
| 7-1 | 概述 | 177 |
| 7-1-1 | 不同类型的 UPS | 177 |
| 7-1-2 | 不间断电源之说是事实还是虚构? | 182 |
| 7-1-3 | 在电网故障时可能发生的情况 | 183 |
| 7-1-4 | 正弦波和梯形波 | 185 |
| 7-1-5 | UPS 在计算机及其网络上的应用 | 186 |
| 7-2 | 小功率 UPS 举例 | 190 |
| 7-2-1 | APC UPS | 190 |
| 7-2-2 | 小功率 EMTEK UPS | 195 |
| 7-3 | 中大功率 UPS 举例 | 221 |
| 7-3-1 | 中大功率 EMTEK UPS | 221 |
| 7-3-2 | DELTEC UPS | 225 |
| 7-3-3 | SOCOMEK, SICON, BORRI 和 MATLA (UPSONIC) 等 UPS 主电路 | 225 |
| 7-4 | UPS 的并联 | 230 |
| 第八章 | 直流 UPS | 235 |
| 8-1 | 直流电源不间断的关键 | 235 |
| 8-2 | 双向直流变换器的应用 | 235 |
| 8-2-1 | PWM 电源简介 | 235 |
| 8-2-2 | 双向直流变换器 | 237 |
| 8-3 | 对称双向变换不间断直流电源 | 238 |
| 第九章 | 电磁干扰及噪声 | 239 |
| 9-1 | 电磁环境与干扰 | 239 |
| 9-2 | 噪声的定义及种类 | 243 |
| 9-2-1 | 噪声定义 | 243 |
| 9-2-2 | 噪声种类 | 244 |
| 9-2-3 | 常模噪声和共模噪声 | 247 |
| 9-3 | 噪声产生的机理和传递方式 | 248 |
| 9-4 | 描述噪声的常用术语 | 251 |
| 9-4-1 | 噪声频谱和功率 | 252 |
| 9-4-2 | 噪声温度 | 253 |
| 9-4-3 | 信噪比 S/N | 253 |
| 9-4-4 | 噪声系数 NF | 254 |
| 9-4-5 | 电磁干扰发送量和电磁干扰敏感度 | 254 |
| 9-5 | 抑制电磁干扰的一般措施 | 255 |
| 9-6 | 检查电磁干扰和预防失误 | 257 |
| 9-6-1 | 电路设计阶段综合性检查项目举例 | 257 |

| | | |
|-------------|---------------------------|------------|
| 9-6-2 | 电源方面的检查项目举例 | 258 |
| 9-6-3 | 集成电路器件的检查项目举例 | 259 |
| 9-6-4 | 信号波形的检查项目举例 | 259 |
| 9-6-5 | 印制电路板和配线的检查项目举例 | 260 |
| 9-6-6 | 可调部位的检查项目举例 | 260 |
| 9-6-7 | 组装操作和加工方面的检查项目举例 | 261 |
| 9-6-8 | 工艺设计方面的检查项目举例 | 261 |
| 第十章 | UPS 的高频化与智能化 | 263 |
| 10-1 | 传统 UPS 结构存在的问题 | 263 |
| 10-2 | UPS 高频化的技术基础 | 265 |
| 10-2-1 | 高频自关断器件 | 265 |
| 10-2-2 | 高频控制方式和手段 | 265 |
| 10-2-3 | 高频逆变技术 | 267 |
| 10-2-4 | 其他有关的技术 | 268 |
| 10-3 | UPS 的智能化 | 268 |
| 10-3-1 | UPS 智能化的特点 | 268 |
| 10-3-2 | 硬件系统的组成 | 269 |
| 10-3-3 | 软件的描述 | 270 |
| 第十一章 | 功率因数及其补偿 | 272 |
| 11-1 | UPS 输入电路的功率因数 | 272 |
| 11-2 | 改善功率因数的途径 | 276 |
| 11-2-1 | 采用轮替控制方式改善功率因数 | 276 |
| 11-2-2 | 通过变换变压器抽头改善功率因数 | 278 |
| 11-2-3 | 采用半控桥式电路改善功率因数 | 278 |
| 11-2-4 | 采用强制换向方式改善功率因数 | 279 |
| 11-2-5 | 增加整流相数改善功率因数 | 280 |
| 11-2-6 | 采用滤波器改善功率因数 | 280 |
| 11-3 | 采用有源滤波器进行无功功率补偿 | 281 |
| 11-3-1 | 用开关滤波器补偿无功功率 | 281 |
| 11-3-2 | 用磁通补偿法消除高次谐波 | 282 |
| 11-3-3 | 高次谐波电流注入法 | 283 |
| 11-4 | 小功率电源的功率校正器 | 290 |
| 11-4-1 | 功率因数校正器在开关电源类中的应用 | 291 |
| 11-4-2 | 功率因数校正器的几种基本电路 | 291 |
| 11-4-3 | 小功率电源中的功率校正器 | 293 |
| 11-4-4 | 功率因数校正器中常用的控制集成电路 | 293 |
| 11-4-5 | 高功率因数、高效率电源的实验电路 | 295 |
| 11-5 | 利用软件谐波调节器改善功率因数 | 297 |
| 第十二章 | UPS 的接地 | 300 |
| 12-1 | 大地的电学性质 | 301 |
| 12-1-1 | 大地的两种导电性 | 301 |
| 12-1-2 | 大地和水的电阻率 | 302 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 12-2 工频接地电阻 | 305 |
| 12-2-1 接地电阻的物理概念 | 305 |
| 12-2-2 地电阻率均匀时接地电阻的常用计算式 | 309 |
| 12-2-3 人工改善地电阻率的方法 | 313 |
| 12-2-4 利用自然接地体接地 | 317 |
| 12-3 接地电阻的测量 | 318 |
| 12-3-1 接地电阻测量的基本原理 | 318 |
| 12-3-2 电流极和电压极的位置 | 319 |
| 12-3-3 地电阻率的测量 | 322 |
| 附录 | 324 |
| 附表 1 世界各国、地区用电制一览表 | 324 |
| 附图 1 ELGAR 1kVA UPS 电路图 | 326 |
| 附图 2-1 6100 1kVA UPS 方框图 | 327 |
| 2-2 电路板电路图 | 328 |
| 2-3 控制电路图 | 329 |
| 附图 3 Exide 1. 1kVA UPS 电路图 | 330 |
| 附图 4 电流控制组件 3842 功能方框图 | 331 |
| 参考文献 | 332 |
| 北京银星达科技开发有限责任公司 | 333 |

引 论

UPS 由 60 年代的旋转发电机发展到今天具有一定智能化程度的静止式全电子化电路, 已经历了一段不平凡的时期。在过去的岁月里, UPS 作为电源的一个独立领域已发生了翻天覆地的变化: 由当初单一的飞轮动态储能式到今天的多类型多品种的旋转式 (也有称作动态)、静止式 (静态)、动静结合式、后备在线交叉式等等; 由当初的单一用户——计算机到今天的多领域——计算机通讯系统, 医药、农林、能源、交通、天文、地理系统等等; 由当初的后备时间几秒钟到今天的几小时甚至几十小时, 由当初的单一机械式到今天几乎包罗了当代全部电子技术: 由微电子学到功率电子学、由线性电路到数字电路、由计算机硬件到软件、由电信号通讯传输到光纤通讯, 另外还包括了化学电源、太阳能电源、机械学、机电一体化等等, 令人大开眼界。UPS 已当之无愧地成为当代高科技成员, 现在已为 UPS 专门制定了安全标准与通讯干扰标准。

一、UPS 的分类

当代 UPS 分为两大类: 动态 UPS 和静态 UPS。

1. 动态 UPS

所谓动态, 顾名思义, 就是说: 不间断电源之不间断是靠动能维持的, 这是最早的方案。如图 1 所示, 交流市电驱动交流电动机旋转, 从而带动同轴的交流发电机和惯性飞轮同速运行, 发电机向计算机供电。当市电波动时由于惯性飞轮的惯性对短时间的电

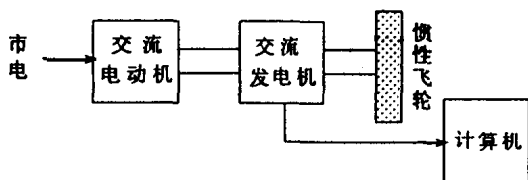


图 1

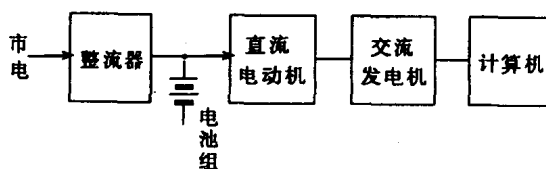


图 2

压突变或干扰无反应, 保证了输出电压的稳定; 一旦市电断电, 由于飞轮的惯性, 仍可将额定供电电压再延长 5 秒钟 (当时计算机要求如此), 使计算机将现场保存起来。

惯性飞轮对进一步延长发电机在市电断电时的供电时间已无能为力, 图 2 的方案就解决了这个问题。后备时间取决于蓄电池的容量, 但遗憾的是转换效率太低, 以至于消耗电池的能量太严重, 因此, 接着出现了更为实用的内燃机式 UPS 系统。直到目前这种 UPS 与静态 UPS 并驾齐驱, 运行在各自的领域。

通常人们对这类 UPS 了解不多, 不妨借此机会补充一下这方面的知识。现以狄塞尔 (Diesel) UPS 系统为例作一介绍。图 3 示出了除控制盘而外的主体结构图。动力部分包括内燃机、自由离合器、感应耦合器和同步三相交流电机。感应耦合器作为动能存贮器由两个同轴的旋转部分组成: 一个外转子和一个内转子。外转子上装有一个三相交流绕

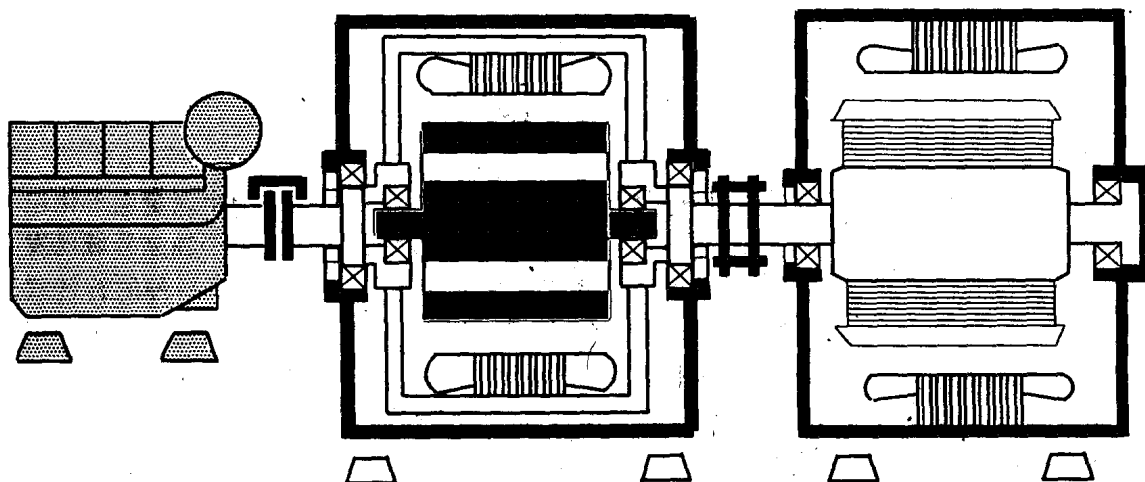


图3 Diesel UPS 系统主电路结构图

组和一个直流绕组，内转子在外转子内空转，外转子的一边直接连着三相同步交流电机，而另一边通过自由离合器与内燃机连接，在市电与负载之间的扼流圈作为市电与同步电机的联接件，Bypass 电路、切换、控制和保护设备在功能上补充了这些基本构件的作用。下面介绍一下在各种情形下的运行状况。

(1) 正常运行时 (图 4)

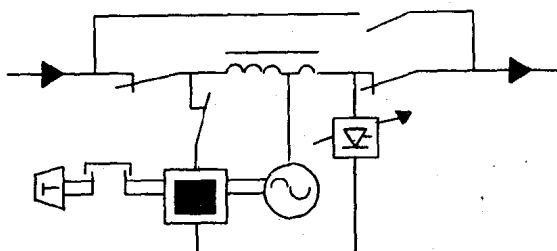


图 4

电网电压正常时，扼流圈和同步电机提供出“清洁”和稳定的交流电源，同时对负载是一个滤波器，而且同步电机向市电电网提供一个无功电流分量，起到补偿功率因数的作用。同步电机驱动感应耦合器的外转子在 1500rpm* (50Hz 时) 和 1800rpm (60Hz 时) 运行。由于外转子是

双极三相励磁绕组，内转子的转速相对于外转子是 3000rpm (50Hz) 和 3600rpm (60Hz)，因此其绝对转速为 4500rpm (50Hz) 和 5400rpm (60Hz)。这个相对速度差就在转子内贮存了动能。(看来轴承的适配性是重点，目前其替换周期已达到 10 年。) 这时狄塞尔内燃机不运行，且外转子和内燃机之间的自由离合器是分离的。

(2) 切换到应急运行状态 (图 5)

当市电故障或电压频率偏出规定范围时，市电接触器相应的断路器与用于感应耦合器交流绕组的电源电路接触器断开。同时感应耦合器直流绕组在频率调整器的控制下被激励，频率调整器使内转子减速并将其动能传到外转子，使同步电机现在作为一个发电机而保持运行在 1500rpm (50Hz) 和 1800rpm (60Hz)。在内转子减速期间，Diesel 发动机在无载条件下启动并在 1.5 秒左右加速到 1500rpm (50Hz) 和 1800rpm (60Hz)。

* rpm 是 revolutions per minute 的缩写，表示每分钟转数。

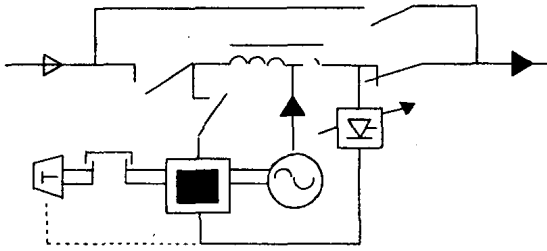


图 5

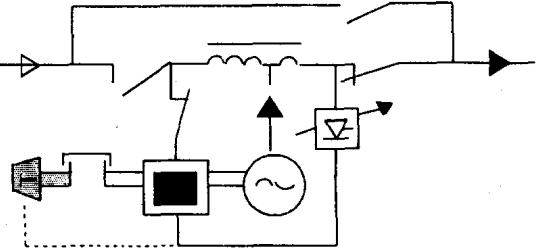


图 6

(3) 应急运行状态 (图 6)

在 Diesel 发动机的转速等于感应耦合器外转子转速的瞬间, 自由离合器啮合, 这时 Diesel 发动机就代替内转子而成为驱动能源。现在, 外转子的交流绕组被激励到将内转子加速至 4500rpm (50Hz) 和 5400rpm (60Hz)。由于控制作用, 加到外转子直流绕组上的励磁使得 Diesel 发动机和三相同步电机之间的力矩传输被调整到这样一个程度, 即频率 50Hz 或 60Hz 与负载变化无关。

(4) 切换到正常运行状态 (图 7)

当市电恢复正常时, 与市电相关的断路器在与市电实时同步后闭合。在此瞬间 Diesel 发动机的转速被减速到 1450rpm (50Hz) 和 1740rpm (60Hz), 以使自由离合器脱离。三相同步机又返回到电动机运行状态, 以驱动感应耦合器的外转子。而内转子又运行在额定速度 4500rpm (50Hz) 和 5400rpm (60Hz), Diesel 发动机空转约三分钟后关机。

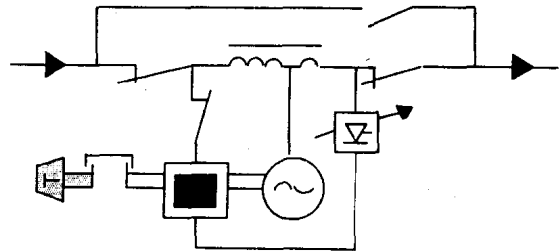


图 7

图 8 所示为这种工作过程的曲线。

2. 静态 (静止式) UPS

目前绝大多数人概念中的 UPS 均指静态而言, 如图 9 所示, 这是众所周知的 UPS 经典方案主体方框图。市电输入经整流器将交流变成直流, 一方面给蓄电池组充电, 另一方面为逆变器提供能量, 再将直流变成交流, 经转换开关送到负载。在逆变器发生故障时, 另一路备用电源 (即 Bypass) 通过转换开关实现向负载供电。

静态 UPS 的工作方式又分为后备式 (或称离线式, Off Line) 和在线式 (On Line) 两种情况。不论是后备式还是在线式, 其主体结构大致相同。所不同的是: 后备式平常 (市电正常时) 工作在 Bypass, 而在线式不论市电是否正常, 都按照 “市电输入→整流 (充电)→逆变→输出” 的路径运行, 只有在逆变器故障 (或过载) 时才改由 Bypass 供电。

由于后备式在绝大多数情况下逆变器不工作, 只走旁路, 所以显得可靠性很高, 造价也低, 但性能却不如在线式好。而后备式一般容量都不会超过 3kVA。不过后备式也有性能很好的产品, 比如美国的 APC Back 系列和 Sinetec 就具有和在线式相匹敌的功能, 因为它已将切换时间减小到 2ms 和 1ms 以下, 而且输出的正弦波或方波几乎无间断点,

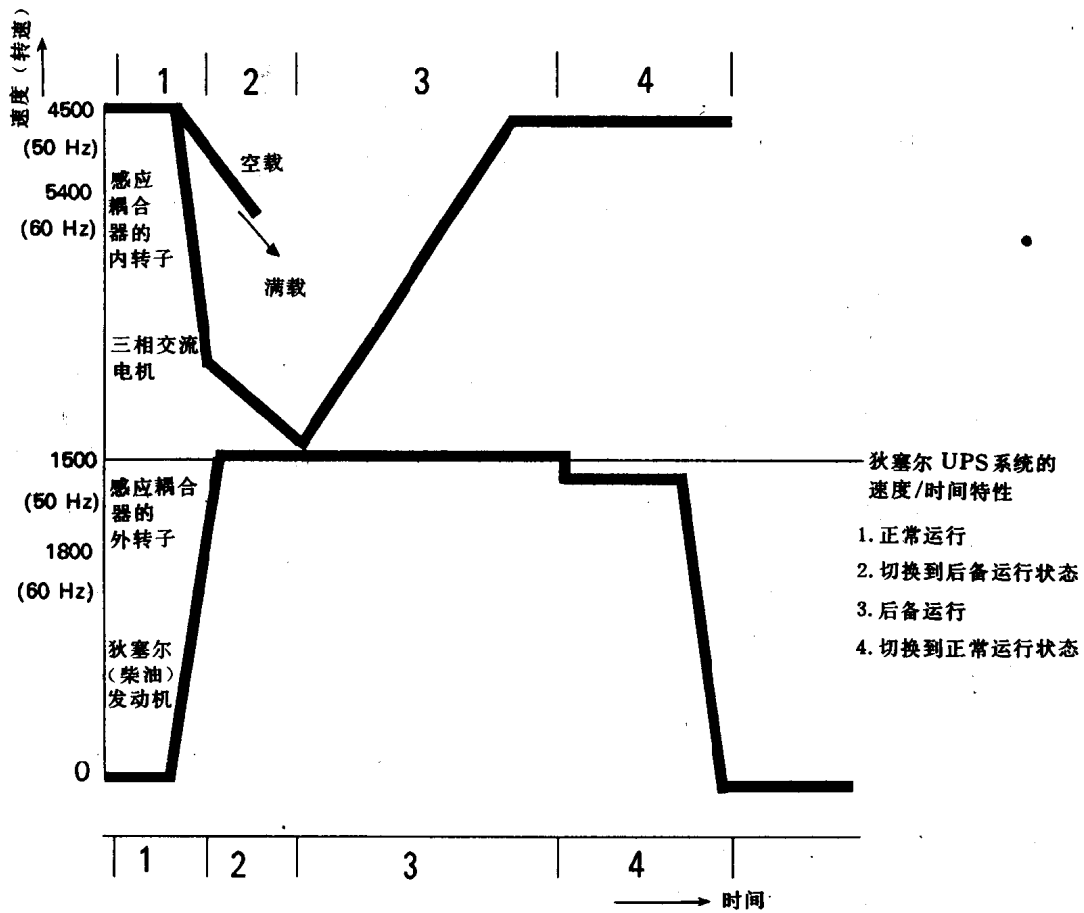


图 8

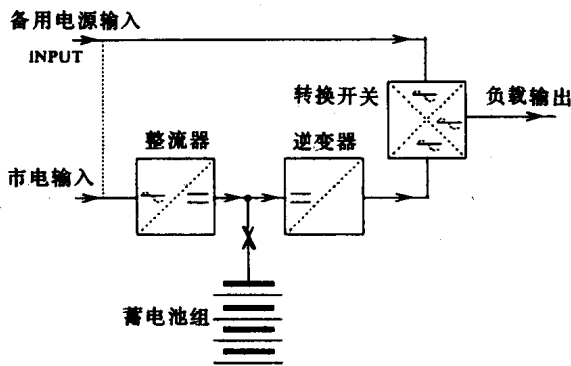


图 9

其功率均在 2kVA 以下。

大于 3kVA 的 UPS 几乎都是在在线式，所以说在线式才是 UPS 的主体产品。目前在线式 UPS 的单机容量已可以做到 600kVA 以上的公司有 M. G, EXIDE, SIEL, SOCOMEC, BORRI, IWATEC, LIBERT 等等。

脉宽调制 (PWM) 技术和功率晶体管 (包括组合管)、功率 MOS 管、IGBT 等等已经和已开始被 UPS 普遍采用，这就降低了机器的可闻噪声，提高了效率和可靠性。

微处理机软硬件技术的引入，大大拓宽了 UPS 的功能，如 M. G, IPM, EXIDE, APC, Sinetec, DELTEC, SAVIN, SIEL, IWATEC 等公司生产的 UPS，利用面板上液晶显示和键盘可以方便地进行人机“对话”，自动地进行故障诊断，为维护人员和用户提供方便。

不过迄今为止，多数 UPS 都是利用微处理机作为监控系统，少数制造商则进一步利用微处理机参与能量本身的控制工作，如 IPM 的数字滤波器及输出电压的调整。由于将电压数据以软件的方式存入机器，在机器运输过程中的振动和平时的温度变化所造成硬件参数的变化都不会影响机器的性能和输出指标的精度。

随着科学的发展，有的用户装机容量很大，单台 UPS 的容量已不能满足要求，需要多机并联；在一些要害部门需要 UPS 的冗余系统，这也提出了并联的要求，并联的关键在于同相同幅和均分负载，实现此功能已成为现实。如 M. G, EXIDE 等公司的 UPS 机内信号用微机处理，通讯采用普通电信号，而 SIEL 公司则是利用光纤通讯（称作 OSC 系统）。

有些用户使用大容量的 220V 单相 UPS，单相进、单相出的方案会给市电的配电带来极大的困难，于是三相输入/单相输出（3/1）的 UPS 应运而生，现在这种 UPS 的最大容量已可做到 60kVA，如法国的 SOCOMEC, MEISSNER 公司做到了 30kVA, BORRI 公司做到了 25kVA, M. G 公司做到了 20kVA 等。不过这种结构的 Bypass 就成了问题。比如 60kVA，因为输出为单相，而分配到三相输入，在理想情况下，每相输入为 20kVA，通常市电的配备每相增加 50%，而 Bypass 只能取输入一相，这样一来，一旦 UPS 打向旁路，在满负载情况下，市电对应的一相会严重超载！

在三相输出的 UPS 中，其三相负载不平衡度一般不允许超过 30—50%，因此对三相负载应尽可能分配均匀，即使如此，往往有一相的机器（负载）不开，而另一相的容量用足，也会造成输出电压的极大不平衡。至此，三相负载可 100% 不平衡的 UPS 又争相推出，如 IPM, SOCOMEC, BORRI, MEISSNER, SAVIN, VICTRON 等等。

小容量单相 UPS 的发展也很迅速，很多产品也引入了微机监控系统，如 APC, Sinetec, 东芝, DELTEC2000 系列, IWA-TEC, HITA, EXIDE 等等。尤其是功率因数的变更已开始为人们理解，目前 PC 机内的供电电源绝大多数是 PWM 开关电源，据测量，其输入功率因数均在 0.6—0.7 之间，即 PC 机的输入功率因数平均约为 0.65，是电抗性负载，它不但向 UPS 索

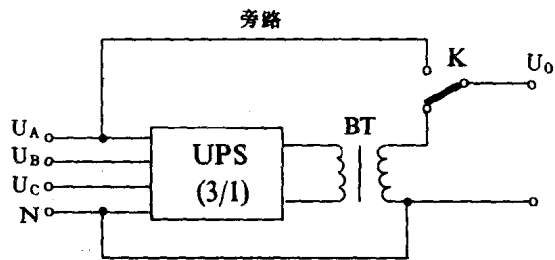


图 10

取有功功率，而且还吸收无功功率。因此，那种小容量 UPS 输出功率因数越高越好的一概而论的观点，无疑值得商榷，起码对目前的微机是不适宜的，然而小容量 UPS 的绝大多数负载又恰恰是微机！在这方面取得较显著成效的首推 EXIDE EPP1000 UPS，它不但将功率因数作到 0.65，而且也将输出波形作成了准正弦波，从而又将 PC 机电源纹波和功耗比用正弦波时降低了 12% 以上。接着 APC 和 SINETEC 把小容量的 UPS 功率因数降到了 0.6—0.7 左右，而且把监控软件做在机内，RS232 接口直接和 PC 机相连接就可以了。这种 UPS 比功率因数为 0.8 以上的其他 UPS 适应非线性负载的能力强得多，且节省了开支。图 11 示出了由 SIEL 作出的逆变器输出特性与功率因数的关系曲线。由该曲线可以看出：不同功率因数时，UPS 的输出特性有显著的差别。

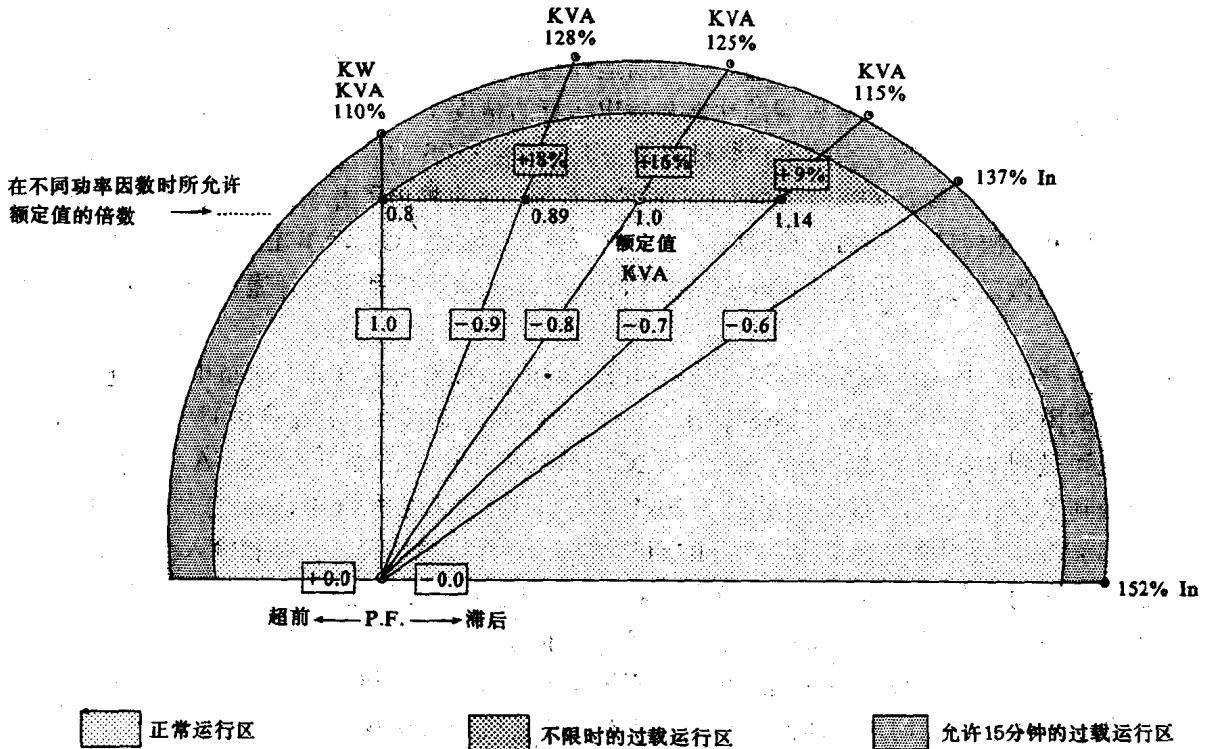


图 11 逆变器输出特性与功率因数的关系

二、UPS 的发展

UPS 发展到今天，其性能指标基本相似，不同点只是在功能上的拓宽程度及可靠性的高低，这在前面已涉及一部分。

UPS 的长延时供电虽然已走过了几年的路程，但外配长延时系统对大多数销售商而言，为 UPS 种下了隐患，在一定条件下会导致 UPS 的性能变坏，甚至毁坏功率器件。

净化 UPS 是将净化电源加在 Bypass 上的后备式 UPS，大大改善了后备式 UPS 和供电质量。宝合 UPS 可作为这类国产 UPS 的一例。

三端口工作方式（线路交叉）集中了后备式效率高和在线式供电质量高的优点。它的工作原理如图 12 所示。市电经交流稳压器（电网电压调节器）送到变压器 B 的端口“1”，其功能是将电压稳定度调整到 $\pm 5\%$ ，变压器端口“2”接逆变器——双向变换器，这部分再进一步将稳定度调整到 $\pm 2\%$ ；然后输出到负载端口“3”。端口“1”和“2”是同时（交叉）工作的，而变压器 B 为具有抗干扰性能的“超隔离变压器”。这种 UPS 省去了输入变压器和单独的整流充电环节，因此降低了造价。三端口的出现，使得离线式和在线式有机地结合在一起。如 APC，BEST，休康，DELTEC 可作此种方案的代表。

近期又出现了 UBS（不间断电池系统），如图 13 所示，这种方案将动态 UPS 和静态 UPS 有机地结合在一起了。由图 13 可以看出，这种设备由汽油或柴油发电机和 UPS 两部分组成，UPS 即为一般 On Line 工作方式，当市电异常时，UPS 靠电池放电维持工作，当电池放电到某一电平时，油机直流发电机启动，向电池和 UPS 供电，以使供电继续下

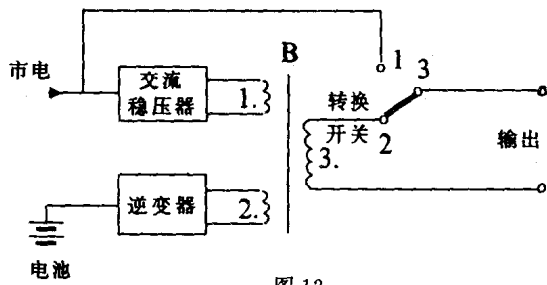


图 12

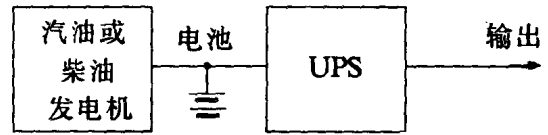


图 13

去，由于燃油可随时添加，故发电机可长久运行，这就形成了电池不间断供电系统。当然噪声是大了些，但在一定的场合（如野外、地下室等）应用，仍不失为其优点。

UPS 的主要组成部分——电池，发展也很迅速，可供 UPS 用的电池种类很多，除常用的铅酸开放式和全密封免维护电池外，也有了中间产品——半免维护电池，由于它的造价低和性能优良，在各领域的应用范围逐步扩大。如京阳牌电池保护液就是代表，它可以注入开放式和密封式电池内，并有延长电池寿命之功能，它的电池复活剂为失效电池带来了福音。碱性电池由于造价高，使用尚不普遍，只在那些要求高的地方使用。

由于国外大量 UPS 涌入国内，难免鱼目混珠，不少产品以通过诸如 UL, CSA, TUA 等等多种标准来表明其本身的优越质量，也有没通过任何标准而悄悄入境的，甚至以次充好的现象屡见不鲜，伤害了不少用户，尤其是大容量的 UPS，必须要通过安全标准，如 UL, CSA, TUV 等，以及通讯干扰测试标准，如 FCC, VDE, FTZ 等。当然，能通过 UPS 安全标准 EN50091-1 及 UPS 电磁干扰标准 EN50091-2 更好。

安全标准保证机器能安全而可靠地操作及运行；干扰标准保证了用电设备和其周围的其他设备不受 UPS 的电磁干扰，安全而可靠地工作。图 14 示出了射频干扰（RFI）电压 U_i 与频率 f 的关系曲线。G, N, K 曲线是由 VDE 组织（德国电子工作者协会）规定的严重、中等和低于干扰电平的限度。如果工厂的产品所产生的射频干扰电压超过了 G 曲线的范围，那么这个产品就不准许出厂了。否则，它将影响周围机器的工作，比如 1989 年成都飞机场通讯部门购置的一台 ×× 牌 UPS，当 UPS 开机后，对通讯系统产生了严重的干扰，使通讯系统无法正常工作。这就是为什么要求 UPS 要通过相应标准的原因。

为了对 UPS 的发展及其复杂性有一个直观的了解，笔者根据目前所掌握的材料，绘制了一幅树形图表。图 15 示出了截止到 1994 年以前 UPS 发展的概况，该 UPS 家族发展树表示出了以下几个方面的情況：

- UPS 的分类和品种
- 各类 UPS 目前一般可达到的最大容量
- UPS 所采用的波形
- 主回路（Inverter）采用的器件
- 除逆变器外，相当于 Bypass 或 Bypass 采用的稳压方式
- 逆变器的输出方式
- 控制电路的水平
- 各种方案允许三相负载不平衡程度