

何希才 编著

UPS

应用 及其维修技术

人 民 邮 电 出 版 社

100737

UPS 应用及其维修技术

何希才 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书比较系统地介绍了中小型不间断电源(UPS)应用及其维修技术。全书内容可分为三部分:第一部分介绍 UPS 主回路以及常用基本电路的工作原理;第二部分介绍了 UPS 不间断电源的应用技术,包括与负载的配合使用,与电源的配合使用,与发电机的配合使用,与电池的配合使用等;第三部分介绍了中小型 UPS 的工程设计以及常见故障与维修技术。

本书可供从事不间断电源电路设计、维护和使用的科技人员、管理人员、大专院校生阅读参考。

PZ33/17

UPS 应用及其维修技术

◆ 编 著 何希才
责任编辑 王晓丹

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:850×1168 1/32

印张:6.75

字数:173 千字

1997 年 1 月第 1 版

印数:1—6 000 册 插页:2 1997 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-06352-4/TN·1149

定价:11.00 元

目 录

第一章 UPS 的种类与技术指标	1
第一节 概述	1
第二节 UPS 的种类	3
第三节 UPS 的技术指标	5
一、定额与特性	5
二、UPS 引入时的研究项目	7
第二章 UPS 常用功率器件与控制电路	9
第一节 常用功率器件	9
一、晶闸管	9
二、可关断晶闸管	13
三、功率晶体管	16
四、功率 MOS FET	21
五、绝缘栅双极晶体管	27
第二节 常用控制电路	37
一、运算放大器	37
二、常用整流与稳压电路	43
三、UPS 中常用开关电源集成控制器	45
第三章 UPS 主回路变换技术	52
第一节 概述	52
第二节 UPS 系统方案	54
一、常时逆变器供电方式	54
二、常时电网供电方式	56
第三节 UPS 主回路方式	59
一、整流电路	59
二、隔离/电压匹配电路	60

三、逆变器部分	62
第四节 功率因数高、高次谐波少的 UPS	63
一、功率因数高、高次谐波少的 UPS 的各种方式	63
二、UPS 实例	67
第五节 高频环节变换方式的 UPS	70
一、高频环节 DC/AC 变换方式	70
二、中间有直流回路的高频环节变换方式的 UPS	71
三、中间无直流回路的高频环节变换方式的 UPS	74
第六节 UPS 的切换开关	78
第七节 充电装置	80
第四章 UPS 系统与负载的配合	83
第一节 负载的种类	83
一、单相负载与三相负载	83
二、线性负载与非线性负载	84
三、冲击电流的负载	86
第二节 从负载看电源条件	87
一、大中功率 UPS	87
二、小功率 UPS	88
三、停电补偿时间	88
第三节 UPS 功率的选用	89
一、恒定负载功率	89
二、负载功率因数	89
三、负载峰值电流	89
四、负载启动时冲击电流	90
第四节 UPS 与负载保护的配合	92
一、负载侧保护	92
二、地网保护	94
第五章 UPS 系统与电源的配合	97
第一节 UPS 系统与电源的配合	97

一、UPS 系统与交流输入电源前段的配合	97
二、蓄电池系统	99
三、接地	101
第二节 高次谐波的抑制	102
一、整流电路与高次谐波	102
二、高功率因数变换器	103
三、高次谐波抑制方法	105
第三节 自备发电设备	107
一、高次谐波对策	107
二、瞬时变动	109
三、稳定度	110
第六章 UPS 高可靠性技术	112
第一节 单机运行高可靠性技术	112
一、电路结构简单	112
二、元部件的选用	115
三、提高耐环境性能	115
第二节 UPS 系统的高可靠性技术	116
一、旁路供电	116
二、增强功能	117
第三节 预防安全措施	118
一、定期检修	118
二、监视系统	118
三、故障的修复	118
第四节 产品安全认证	119
第七章 UPS 用蓄电池	121
第一节 蓄电池种类与特征	121
一、铅蓄电池	121
二、碱性蓄电池	122
三、其它种类蓄电池	123

第二节 UPS 蓄电池容量的选择	124
一、蓄电池种类的选择	124
二、蓄电池容量的计算	125
第三节 蓄电池的使用与维护	128
一、设置方法	128
二、维护	129
三、劣化的判断	131
第四节 铅蓄电池的故障分析与处理	132
第八章 UPS 系统工程设计	137
第一节 UPS 系统工程计划	137
一、负载装置的选择	137
二、电源变动对负载装置的影响	137
三、瞬低的基本对策	139
四、不间断电源装置的选择	140
五、集中与分散供电	143
第二节 UPS 规格选择与系统计划	146
一、UPS 装置的基本事项	146
二、UPS 引入的效果	146
三、UPS 规格的选择方法	146
四、电源系统的选择方法	149
五、购入计划	151
第三节 UPS 系统实例	153
第四节 UPS 工程实施	153
一、设置计划	153
二、安装工程	155
三、噪声对策	156
第九章 UPS 维修技术	157
第一节 UPS 产品简介	157
一、UPS 产品简介	157

二、UPS 市场情况	163
第二节 常用 UPS 维修技术	169
一、UPS—500 型常见故障分析与处理	169
二、UPS—1000 常见故障分析与处理	171
三、 μ —1100 UPS 常见故障分析与处理	173
第三节 UPS 维修实例	176

第一章 UPS 的种类与技术指标

第一节 概 述

随着微型计算机应用的日益普及和信息处理技术的不断发展,人们对供电质量提出了更高的要求。一是要解决市电中断或瞬变时对计算机等负载产生的不良影响,二是要保证输出优质正弦波。为此,引入一种新型不间断电源系统(Uninterruptible Power System),简称UPS。在通信中,UPS的具体使用对象是自动化转报、中文译码机、卫星通信、数据传输、传真技术以及无线收发信、长途台自动计费 and 程控交换设备等。另外,UPS还广泛应用于机场、港口、医院、铁路、隧道、化工系统、工业控制中心和电子计算中心等处。

目前市场上销售的UPS品种繁多,但按功率分为小功率、中功率和大功率三类。一般来说,10kVA以下的为小功率,10kVA以上到100kVA的为中功率,而100kVA以上的为大功率。大功率与早期的UPS,它们的逆变器使用晶闸管作为控制部件。当前,中小功率的UPS则使用功率晶体管、功率MOS FET、IGBT等作为逆变器的换向控制部件。本书主要讨论和研究中小功率UPS的应用及维修技术。

UPS的需求量越来越大,对其基本要求是:

- 1) 低成本 很多负载需要UPS供电,但电源异常、停电等对负载影响的频繁程度与UPS的价格要综合考虑,因此,经常强调的是UPS的低成本。

2) 高可靠性 采用 UPS 的目的在于市电异常时,保证对负载优质供电,因此,要求 UPS 具有高可靠性。

3) 小型轻量 UPS 一般作为高质量负载的电源,特别是计算机的电源需求量很大,因此,要求 UPS 小型轻量易于搬动。

4) 高效率 实际上,广泛采用的是常时由逆变器供电的方式,即不管市电的质量如何,为确保优质对负载供电,平时都由逆变器供给,因此,要求 UPS 的效率。

5) 低噪声 为了不影响收音机、电视机等收听效果,对于设置在这类电子装置附近的 UPS,要求低噪声。特别是 UPS 设置在办公室时,必须满足 VCCI 规定的低噪声的要求。

6) 输入电源的高功率因数与较少高次谐波 UPS 输入电源的功率因数、高次谐波随整流装置的方式不同而异,在确定 UPS 方式时整流装置是基本要素之一。目前整流装置主要采用 PWM(脉宽调制)方式,并开始引入可获得 100% 的功率因数、无高次谐波的技术。

7) 适应负载特性 作为 UPS 负载的电子装置,其输入电路也常采用整流方式,即也有功率因数与谐波的问题,其中一部分负载引起 UPS 输出波形的失真会影响另一部分负载。因此,要控制 UPS 尽量不受负载的功率因数和高次谐波的影响。

8) 维护简单 UPS 是一种复杂的电源装置,其运行和维护需要专门技术人才,但很多用户缺乏这类人才。因此,这就要求 UPS 操作简单,易于维护,万一出现故障便于及时处理。

9) 结构合理 UPS 的应用范围在不断地扩大,设置场所也多样化。因此,UPS 的结构要合理,以便与设置的环境相协调。

10) 容量系列化 随着市场的扩大,要求的功率随之增大。作为单机容量,小功率的几百 kVA 单机已标准化,大功率的 1000kVA 单机已实用。

11) 电路构成合理 兼顾着功能与成本,对 UPS 电路的基本构成已提出多种方案,供设计者选用。

UPS 的关键是采用的半导体功率器件和电路的变换技术。60 年

代晶闸管应用于 UPS 电源中,电路采用晶闸管逆变器,主要研究电路的换流方式,并力图提高晶闸管的工作频率。70 年代,采用多重方式增大晶体管逆变器的功率,采用 UPS 冗余并联化技术。逆导晶闸管已实用,使得 UPS 小型轻量化。80 年代,研制出大功率的双极型功率晶体管与晶体管模块,而可关断晶闸管 GTO 已用于 UPS 中的逆变器。PWM 技术也开始采用,这样,加速了 UPS 小型轻量化。由于小功率 UPS 市场的扩大,中小功率的 UPS 中采用功率 MOS FET,高频 PWM 技术的输出电压波形的瞬时值控制技术已实用,并研制高频环节逆变器。90 年代,绝缘栅双极晶体管 IGBT 已研制成功,应用大功率 UPS 的输出电压瞬时值控制技术,以及采用交流输入的瞬时值控制方案,使 UPS 的性能进一步提高,可构成高功率因数与无高次谐波的 UPS。目前,已提出采用循环换流器方式和采用谐振变换器方式等各种新的电路方案,由此可见,不久的将来会研制出更高性能、更小体积的 UPS。

第二节 UPS 的种类

UPS 的分类方法很多,若按工作原理分,有动态式和静态式,而静态式又分为后备式和在线式,在线式有三端口式和串联在线式。若按输入输出方式分,有单相输入单相输出,三相输入单相输出和三相输入三相输出。若按输出波形分,有方波、梯形波和正弦波。若按输出功率分,有小功率,中功率和大功率。作为单机标准化的功率容量是 100VA 到 1000kVA。另外,UPS 系统的功率容量是指供给负载的总功率容量。一般来说,中小功率容量是指 UPS 的单机功率容量;大功率容量是多个 UPS 构成的冗余并联系统,全部 UPS 所能供给的功率容量。

动态式 UPS 的主要组成部分是整流器、电池、直流电动机、惯性飞轮和交流发电机。系统中的惯性飞轮是储能装置。当市电停电时,

利用飞轮巨大的惯性使发电机组继续供电,同时启动油机,当油机转速与发电机转速相同时,油机离合器与发电机相联,完成由市电到油机的转换。这种系统是发展较早的一种,稳定可靠、维护简单,但设备庞大,操作控制不方便,效率低,噪声大。

静态式 UPS 中的后备电源是当市电正常时,市电经高频滤波和抗浪涌无源滤波电路后直接输送给负载,同时充电器给蓄电池充电,这时逆变器不工作;市电断电后,逆变器启动将电池的直流能量转变为交流,并输送给负载。在此期间有一个转换时间,转换时间主要由继电器的机械跳动时间和逆变器的启动时间决定,一般要求在 10ms 内完成。其特点是电路简单,易于实现,价格便宜,但由于它有切换时间、电源输出容易受电网波动的影响,因此供电质量不高。三端口式是属于静态在线式 UPS,它是美国 DELTEC 公司推出的,利用铁磁谐振原理达到稳压效果的稳压变压器结构,核心部分是双向变换器。在市电正常时,双向变换器这时起整流器作用,保持对负载的不间断供电,给蓄电池充电;当市电失压或断电时,双向变换器又起逆变器的作用,将电池的直流电压变成 50Hz 的交流电压,供给负载。因长时间后备供电有困难,另外,输入电压范围窄,这使它带发电机有困难。

串联型在线式 UPS 在市电正常时,输入交流电先经滤波器将电网中的污染滤掉,再经整流滤波,一方面给电池组提供直流电压,另一方面为逆变器提供工作电压。逆变器在调制信号的控制下,其输出波形经变压器和交流滤波器后,输出一个稳压稳频的交流电给负载供电。在市电不正常或断电时,蓄电池将直流能量经逆变器转变成交流电,实现不间断供电。当输出过载量很大或短路时,逆变器能自动关闭,不间断地转至静态旁路由市电提供给负载,在对 UPS 进行维修时,可将旁路开关闭合,不间断对负载供电。这类 UPS 的线路复杂,保护功能和扩展功能强,能适应较宽的市电范围和频率跟踪范围,可以满足带发电机用户的较高要求,但价格高。

对于 UPS 的系统结构有多种方案,应根据负载的要求选用,典

型的 UPS 系统结构如下:

1) 输出类型 除了交流输出的 UPS 以外,还有直流输出的 UPS。但本书只介绍交流输出的 UPS。

2) 蓄电池的联接方式。

3) 单机与冗余并联方式。

4) 冗余旁路方式。

5) 冗余待机方式等。

还有对市电的受电方式,对负载的供电方式,运行操作方式,监视等各种方式,应根据价格与负载的要求选用。

第三节 UPS 的技术指标

一、定额与特性

1. 额定输出功率 这是指环境温度为 $0\sim 40^{\circ}$,标高为 1000m 以下时,可连续运行的视在功率。

2. 交流输入电压额定值以及允许变动范围 允许变动范围一般为 $\pm 10\%$ 。

3. 输出电压额定值与精度 计算机的电压变动一般允许为 $\pm 10\%$ 左右,但 UPS 的输出电压一般为 $\pm (1\sim 2)\%$ 左右。

4. 被指定的负载功率因数或者在负载功率因数范围内的额定输出电流 额定负载功率因数与允许有效输出功率的关系,一般为 85% 左右。

5. 输入电源频率的额定值与允许变动范围 考虑到为非常用发电装置的电源,输入电源的频率允许变动范围为 $\pm 5\%$ 左右。

6. 输出频率的额定值与精度 UPS 的内部振荡器采用晶振,因此,输出频率精度非常高,但与外部同步工作时由外部频率支配着,计算机的允许变动范围通常为 $\pm 1\%$ 。因此,外部同步范围一般为 $\pm$

1%。

7. 被指定线性负载时的输出电压失真度 失真度通常为 5%。

8. 允许的负载不平衡 它表示三相输出时相间的~~不平衡度~~，与电压不平衡度有关。

9. 负载不平衡与电压不平衡之间的关系 对于线间电压的最大与最小值之差，计算机的电压不平衡度一般为 5%左右，这时 UPS 的负载不平衡度为 30%左右。

10. 线电压或相电压的相位角偏差的允许范围 三相输出时相位角偏差无特殊问题，一般不表示。

11. 负载功率因数的允许范围 计算机一般是滞后功率因数，为 80~95%左右，UPS 的允许范围(滞后功率因数)为 70~100%左右。如超过额定负载功率因数，则需要降低输出容量。

12. 在被指定的负载电流阶梯状变化时，输出电压的瞬时变化及恢复时间 计算机的输出电压瞬时变化一般允许为 +15%、-18%左右，恢复时间允许为 0.5 秒左右。一般在交流输入电压通断时，在负载在 50%到 100%之间急剧变化时，在并联的 UPS 通断时的所有条件下，UPS 输出电压的瞬时变化保证为 $\pm 8\%$ ，恢复时间为 0.1 秒。

13. 额定负载时 UPS 的效率 UPS 的整个效率应包括电池的效率和逆变器的效率。

14. 最大热量的估计 根据 UPS 的总效率计算出。

15. 负载出故障时选择截断的能力 这是为了维持连续供给被指定负载功率，撤除出现故障那部分负载的能力，可由规定的保护装置表现出这种能力。

16. 过负载时额定值 通常是过负载电流为额定负载电流的 150%时，允许时间为 10 秒；120%时为 1 分钟；110%时为 30 分钟左右。

17. 限流特性 UPS 一般都有限流电路，限流值通常为额定电流的 150%。

18. 额定能量保持时间和能量恢复时间 能量保持时间一般为10分钟左右。

二、UPS 引入时的研究项目

1. 一般项目

名称,可选择的规格,使用状态(环境温度,标高等),有关结构与冷却方法的事项,规定负载条件下的效率,过负载电流额定值,装置的测试仪器与场所,有关远控与监视系统的事项,附件和备件。

2. UPS 系统的构成

UPS 系统的方式(单机,并联,冗余,待机),是否需要旁路切换开关,有无交流备用发电设备,其它的特征等。

3. 负载的种类与特征

负载种类(电子计算机,电动机,恒压变压器电源,二极管整流器,晶闸管整流器,开关稳压器,其它类型负载),负载容量与功率因数,负载的相数,恒定峰值电流的大小及其波形,冲击电流的大小与持续时间,启动方式,熔断丝与断路器的额定值,负载瞬时变动的最大值与负载经历时间的变化,负载电流的相间不平衡,负载的高次谐波,负载中的直流电流,输出接地的条件。

4. UPS 系统输出规格

额定输出容量与功率因数,额定输出电压(额定与瞬态电压允许变动范围),允许恢复时间,允许瞬断时间,额定输出频率及允许变动范围,电压波形失真度,电压设定范围,输出电压的相位偏差(三相输出时),周期性输出电压变动与频率调制等的特殊要求。

5. UPS 系统输入规格

额定电压与电压变动范围,相数,额定频率及频率变动范围,电源的高次谐波含有率,电源电压的瞬态变动,电源阻抗,冲击电流与高次谐波电流的限制值,备用电源设备的额定值。

6. 蓄电池

蓄电池的形式,标称电压(电池个数与电池容量),额定能量的保

持时间,额定能量的恢复时间,蓄电池设置的场所,蓄电池室内的温度条件,有关允许纹波电流等的特殊条件。

7. 其它条件

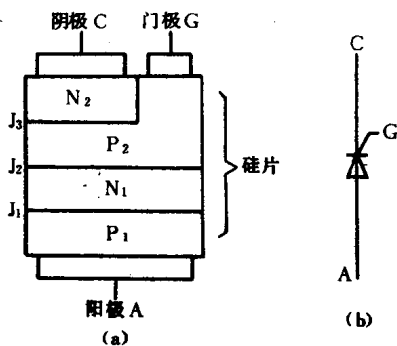
输入电路和直流电路以及输出电路的接地条件,维护用的旁路开关及其它设备的必要性,UPS 系统将来增设计划等事项。

第二章 UPS 常用功率器件 与控制电路

第一节 常用功率器件

一、晶闸管

晶闸管又称可控硅,用 VS 表示,可用于可控整流电路,也可用于逆变电路和斩波器,适用于控制大功率。晶闸管的管芯由 $P_1N_1P_2N_2$ 四层半导体构成,形成 J_1 、 J_2 、 J_3 3 个 PN 结,如图 2-1 所示。自 P_1 引出阳极(A)、 N_2 引出阴极(C), P_2 引出门极(G)。



(a) 结构;(b) 符号

图 2-1 晶闸管结构与符号