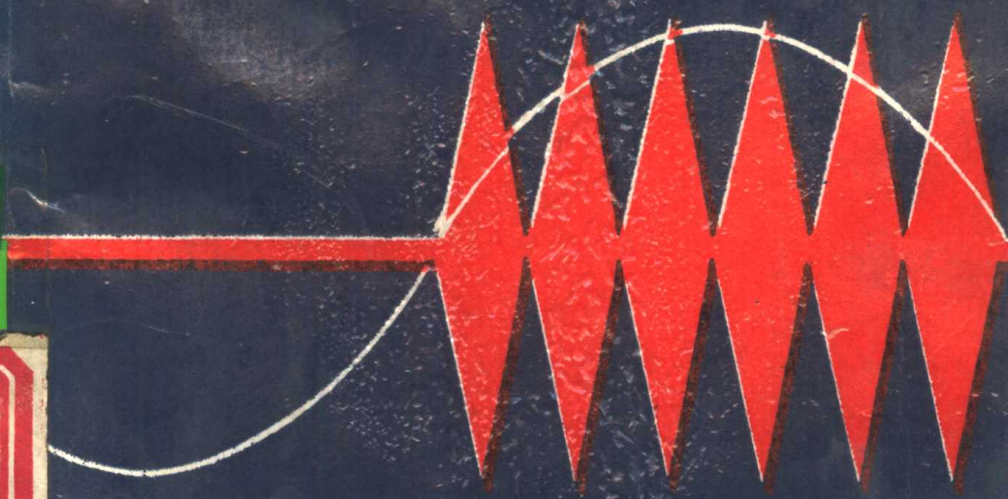


新型电源

施重芳 段玉平 耿文学 编著



中国广播电视出版社

新型电源

施童芳 段玉平 耿文学 编著

中国广播电视出版社

内 容 提 要

本书分析了程控电源、不间断供电电源系统(UPS)、太阳能电源、开关电源等四种新型电源的基本原理和应用例题。由于整流、斩波、锁相、变频、逆变及其组合是现代电源的主体,而现代电源又与微电子技术、计算机技术相结合,所以本书还介绍了与这些方面有关的知识。附录介绍了新型电源中应用较多的十余种新型元器件的各种特性及有关参数以及中国、日本、欧洲、美国、苏联等国半导体分立器件型号的命名方法。

本书可供电子、电力专业技术人员、大专院校师生、电子爱好者参阅。

新 型 电 源

施重芳 段玉平, 耿文学 编著

中国广播电视出版社出版

天津武清瑞华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张 7.5字数 170千字 插页 2

1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷

印数 1-3500 册

科技新书目: 234-253

ISBN7-5043-0658-4/TN·61

定价 4.00元

前 言

电是人类应用最方便、最经济的能源形式。一百多年来，科学技术的发展，人们要求对电的参数能够进行灵活、方便的调节和控制，对电的转换效率需要有一个较大幅度的提高。随着微电子技术、计算机技术的发展，在电力技术与它结合以后，人们成功地实现了对电参数的调节和控制并将早期电力的单一的“工频”应用转变成了多种频率的“功率变频”。当前人们正在致力于解决频率（相位）的高效率的变换问题。

由于不间断电源（UPS）、程控电源、太阳能电源、开关电源、高抗干扰电源等是目前和下一个世纪新能源的全面利用的电源，因而介绍这些电源的原理、应用举例就迫在眉睫了。本书将为读者提供这些新型电源的一些基本的物理概念和简单的工程计算，并有一些应用实例供读者参阅。为了实现功率变换的高效率，几乎所有的电力电子器件都工作在开关状态下，各种不同的电力电子器件实际上是一些具有不同电压、不同电流和不同工作频率的电功率开关，这些都是迈入高技术领域的新型器件，书中对此也作了较详细的介绍，以帮助读者了解它们的结构组成、工作原理和电性能指标等。由于整流、斩波、锁相、变频、逆变及其组合是现代电源的主体，而现代电源又与微电子技术、计算机技术相结合，所以本书还重点介绍了这些方面有关的知识。

本书前三章是在北京邮电学院函授分院“通信电源”

试用教材的基础上根据邮电高函通信电源教学大纲部分要求修改而成的。编写过程中承蒙李文海、顾澄宇同志审阅，张尚贤、刘信圣、张沁磐、李辉等对本书选用的英、日文译稿进行了审校。并提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

全书由段玉平统一整理与订正。

由于编者水平所限，书中不当之处，敬请读者不吝指正。

编著者

1990年4月

目 录

第一章 不间断供电系统	(1)
第一节 UPS的形式及组成	(1)
一、引言	(1)
二、UPS 的类型	(2)
三、静止型不间断电源的几种形式	(4)
四、UPS 各部分的性能指标	(8)
第二节 逆变器的主电路	(13)
一、晶体管逆变器	(15)
二、可控硅逆变器	(23)
三、逆变器实用电路	(34)
第三节 逆变器主电路的输出波形	(37)
一、UPS 中逆变器输出波形	(37)
二、阶梯波逆变器	(42)
三、脉宽调节 (PWM) 逆变器	(44)
四、UPS 中的锁相技术	(48)
第四节 静态开关	(58)
一、静态开关基本电路	(60)
二、静态开关触发方式	(61)
三、静态开关的控制电路	(72)
四、UPS 控制系统	(78)
第五节 TOSNIC-μ-1100 UPS 性能简介	(81)
第二章 程控电源	(87)
第一节 概述	(87)

一、计算机控制系统的组成·····	(87)
二、控制方式·····	(88)
三、程控电源特点·····	(89)
第二节 程控相控型电源·····	(90)
一、可控硅的门极触发信号·····	(90)
二、微机作调节器的离散型触发方式·····	(91)
三、微机控制的数字触发方式·····	(92)
第三节 程控稳定电源·····	(98)
一、程控串联调整型恒流电源·····	(98)
二、程控串联调整型恒压电源·····	(102)
第三章 太阳能电源 ·····	(105)
第一节 太阳辐射能·····	(105)
一、概述·····	(105)
二、太阳能的特点·····	(108)
三、我国太阳能资源·····	(109)
第二节 太阳能电池·····	(110)
一、太阳电池发电原理·····	(110)
二、硅太阳能电池的结构和工作原理·····	(111)
三、太阳能电池的基本特性·····	(114)
四、太阳能电池的分类·····	(121)
第三节 太阳电池供电系统·····	(123)
一、太阳电池组件·····	(123)
二、太阳电池供电系统·····	(127)
三、太阳电池供电系统设计·····	(128)
四、蓄电池·····	(135)
第四节 聚光太阳电池和太阳跟踪·····	(140)

一、聚光太阳电池方阵·····	(140)
二、太阳跟踪·····	(144)
三、太阳电池的应用·····	(145)
第四章 开关电源·····	(150)
第一节 开关式稳压电源原理·····	(150)
一、他激串联式开关稳压电源·····	(151)
二、自激式开关稳压电源·····	(155)
第二节 彩色电视机开关电源·····	(159)
一、彩色电视机开关电源特点·····	(160)
二、金星牌C37-401型机开关电源·····	(160)
三、脉冲变压器耦合的并联式开关电路·····	(163)
四、电路自激振荡过程·····	(168)
五、脉冲宽度控制·····	(170)
六、开关电源稳压过程·····	(171)
七、保护电路·····	(173)
第三节 微型计算机开关电源·····	(175)
一、APPLE (苹果) - II-PLUS 微型计算机直 流稳压电源·····	(175)
二、IBM/PC 微型计算机直流稳压电源·····	(183)
附录一 目前电力半导体器件的水平和在现代电源装置 上的应用·····	(192)
一、目前器件水平·····	(192)
二、电力半导体器件在电源装置上的应用·····	(198)
附录二 中国、日本、欧洲、美国、苏联半导体分立器 件型号命名方法·····	(202)
一、中国半导体器件型号命名方法·····	(202)

二、日本半导体分立器件型号命名方法.....	(213)
三、欧洲半导体分立器件型号命名方法.....	(215)
四、美国半导体分立器件型号命名方法.....	(218)
五、苏联半导体分立器件型号命名方法.....	(219)
参考书目.....	(219)

第一章 不间断供电系统

第一节 UPS的形式及组成

一、引言

不间断供电系统或不间断电源又称不停电电源，简称UPS (Uninterruptable Power System)，是一种现代化的电源设备。

什么是UPS呢？任何电子设备、工业设备，都须直接或间接使用交流50Hz市电电源。为了保证供电的不中断，一些重要的用电设备，过去多数采用两路以上市电供电的办法，一路主用，一路备用。如果主用的一路停了电，通过机械触头接点的自动切换，改由备用的一路供电。这种切换过程至少使供电中断几十毫秒，这对一般的机电设备无严重影响。但对于计算机，现代化通讯设备及配备了计算机控制系统的这类负载，对供电电源的质量和可靠性有更严格的要求，不允许供电电源有3~5毫秒的中断，否则计算机内存的信息便会丢失，正在源源不断地输入和输出的信息会发生错误或中断。另外一个重要问题是市电供电的质量也不能满足这类负载的要求，如市电电压、波形及频率有稍大波动，将造成错码或漏码，无法正常工作。

UPS 是一种新型的供电系统，在这个系统中，市电只是其中的一个组成部分，如果市电不正常或发生中断事故时，不间断供电系统能向重要负载继续提供符合要求的交流电，保证重要负载连续不断地正常工作。它所以具有这种性能，其关键是因为 UPS 中除包含有市电之外，还有储能装置（多为蓄电池组），能量变换装置（主要包括整流器和逆变器），能够在市电不正常或中断时，依靠这些储能和能量变换装置，维持对重要负载的交流供电，实现交流不间断供电的要求。

顺便指出，使用 UPS 后，并不意味着它永远不出故障或绝对不会停电，在目前情况下已能使故障间隔时间达到几万小时，这基本上已能满足现代重要用电设备对供电系统的要求，UPS 具有极高的停电连接能力，质量较好的不间断电源的过渡时间已能减少到100微秒以下，可以做到完全不中断或只有微秒级的中断，这样对重要负载的供电就不会产生任何影响。

二、UPS的类型

不间断电源一般分为两大类：旋转型不间断电源和静止型不间断电源。

国外早期(60年代以前)的不间断供电系统采用旋转型，如图1-1-1所示。主要采用油机-电动机-发电机组以实现电能的变换。即平时由市电驱动电动机，而由电动机带动发电机向负载供电。系统中的储能装置是采用惯性很大的飞轮。当市电停电时，控制电路切断市电线路和电动机，利用飞轮

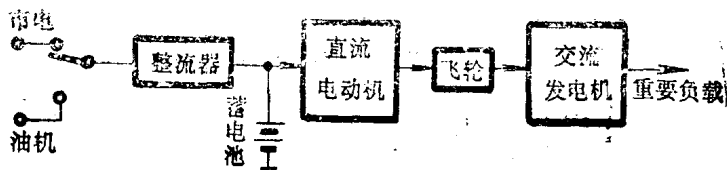


图 1-1-1^{*} 旋转型不间断电源方框图

较大的惯性，使发电机组继续供电，同时立即启动油机。当油机的转速与发电机转速相同时，油机离合器与发电机联上，完成由市电到柴油发电机的切换。这种旋转型不间断供电系统，它们稳定可靠，维护技术要求比较简单。缺点是设备庞大笨重，操作控制不够灵活，效率低，有噪声等。

60年代以后采用了大功率的逆变技术和强电流电子开关，实现大功率的电能量变换。现代的UPS，就是各种电能变换形式的集合体。因为这个系统中不论是主电路还是其它控制电路，均采用半导体固体器件，故称为固态不停电电源或静止型不停电电源，现代国外已生产出各种类型，系统的静止型不停电电源。我国邮电部自1972年引进美国卫星通讯地面站成套设备，开始配备有三相50kVA的不间断供电系统。之后，中日海底通信电缆开通，配有5kVA的不间断供电系统。目前引进的各种类型规格的UPS装置，包括单相、三相，容量从1kVA到几百kVA的静止型不停电供电系统，已分别在邮电通信、石油化工、电子计算机中心以及国防、科研等部门投入使用，总数已近千套。我国已开始研制出单

相和三相UPS设备，容量从5 kVA到100kVA 等若干种.产品已基本上可以使用。有关部门正在制订UPS的国家标准，准备专业化定型生产。

三、静止型不间断电源的几种形式

(一) 简单的UPS

如图1-1-2 所示。在正常情况下，将市电变换为直流电后与蓄电池并联，然后再逆变为工频交流电供给负载。由于蓄电池处于浮充状态，故负载的电能实际上仍由市电供给，不过逆变器输出的工频交流，其频率稳定度、电压稳定度以及波形失真等均比市电好。一旦市电中断时，可由蓄电池来暂时提供能量，以维持对负载的交流电不间断供电。维持时间长短，由蓄电池容量大小来决定。若欲在市电中断较长时间能不间断供电，则应配备油机。这种不间断电源只能解决在市电停电时的停电连接。而一旦逆变器部分出现故障，系统会立即不能工作而造成停电事故，对某些半年之内偶而有一次停电关系不大的负载，这种简单而又便宜的不间断电源仍然有用户使用。

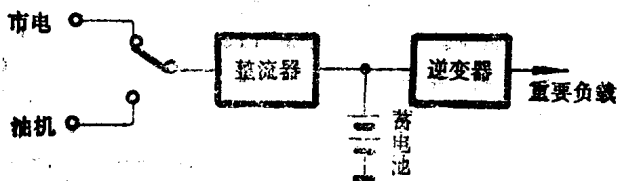


图1-1-2 简单的UPS

(二) 具有转换开关的UPS

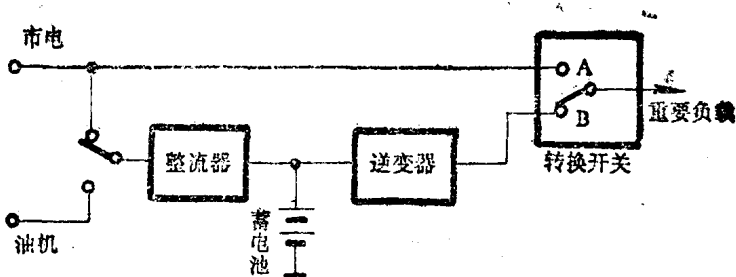


图 1-1-3 具有转换开关的UPS

实用的不间断的供电系统如图1-1-3所示。在这种系统中,正常情况下,仍是将市电整流,然后逆变,最后由转换开关B端送出交流电供给重要负载,与前不同的是,一旦逆变器出现故障,则转换开关立即倒换到A点,由市电直接向负载供电,这样无论市电故障或是逆变器故障,都可以对负载继续供电。具有转换开关的UPS,其转换开关可以有两种形式。

1. 有触点式转换开关

这是一种电控的、以机械动作来实现接通或分断的开关。由于存在着机械动作,因此其停电连接能力差,往往需要40~50ms时间(约两个周波以上),因此它实际上是有间断的。但对那些有40~50ms的供电间断而又不影响负载连续工作的场合,它仍然是一个可用的电源。现在这种依靠机械动作转换,以实现停电连接的不间断电源,一般都是小容量的,国内有不少用户仍然需要,而且也有厂家可以提供产品。但这种电源由于各项供电指标不高,尤其停电连接能力差,所以大多数现代化重要负载不能采用。

2. 静态转换开关

它是一种无触点式转换开关,为了通过大电流,通常都

用可控硅的组合电路来实现，由于是没有任何机械动作的电控装置，所以称为静态转换开关。采用静态转换开关方式，其停电连接能力可以做到5ms以下，甚至可以达到100μs左右，这决定于系统的运行状态。如果逆变器输出的交流电与市电已锁相同步，则逆变器故障时，静态转换开关的停电连接能力可以做到100μs数量级。此时转换时间主要决定于电路发生故障后的检测时间。在未锁相时，一旦有了误动作，不但可能引起供电的短暂间断，而且可能烧毁静态开关，造成严重的停电事故。

(三) 采用并机型静态开关的UPS

上述的具有转换开关的不间断供电系统，具备了逆变与市电之间切换的功能，但在切换过程中负载上的电压将发生或大或小的波动，甚至有短暂的供电中断，如果希望做到无瞬变切换，则可采用并机运行方式，如图1-1-4所示。此时

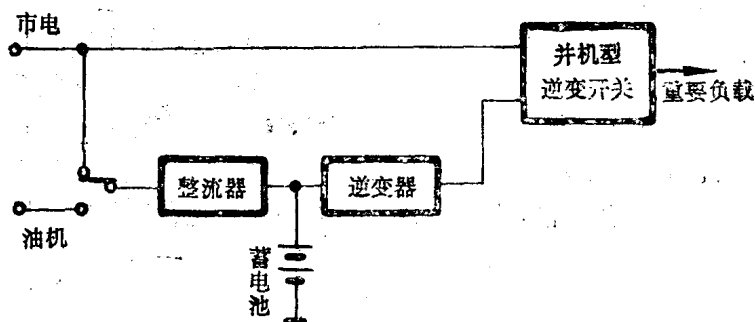


图 1-1-4 采用并机型静态开关的UPS

逆变器的输出电压与市电长期并联供电，要求逆变器输出长期与市电锁相同步，逆变器侧与市电侧的两并机静态开关一

直处于工作状态。因此，无论是逆变器或市电故障，其转换过程是自然进行的，而且平滑无间断。其另一特点是不需要专门的转换检测电路，转换的过程简单，性能好，转换前后只要有一个信号指示或故障显示就可以了。

在并机运行方式中，又可分为“均分负荷”方式与“不均分负荷”方式（“随机负荷”方式）两种。所谓均分负荷系指在并机运行中，逆变器与市电均各承担 50% 的输出功率，输出电压则大致是市电电压与逆变器输出电压的平均值。而不均分负荷方式，则两者承担的功率是随机的。因为市电电压往往在早、中、晚有相当大的波动，当市电电压较高时负荷可能大部分在市电侧；当市电电压较低时，负荷又可能主要由逆变器承担，在中间状态则负荷的分配是随机的。但不论是“均分”还是“不均分”，一旦逆变器出了故障，则市电可自动满负荷工作。反之若市电出了故障，逆变器亦可自动满负荷工作。

在并机运行中的静态开关称为“静态并机开关”。在系统不需要并机（例如设备检修）时，也可以由人工切换为市电单供或逆变器单供，故亦具有普通静态转换开关所具有的功能。

并机供电方式在转换过程中波形虽然是无间断的，但由于逆变器有内阻存在，所以转换过程中还是有电压波动的。如果采取并联均分负荷方式，则这种波动至多为逆变器由 50% 负荷突变为 100% 负荷引起的瞬间压降。这种压降是负载允许的。如果不采用均分负荷的方式，则并机时负荷主要由电压较高的一路承担，设市电电压高于逆变器电压，则此时如果市电停电，逆变器就可能由零负荷或 10% 负荷突变为

100%负荷,此时逆变器出现的电压跌落就相当可观。但一般来说,应该是负载正常工作可以忍受的。如果逆变器输出动态特性差,以致波动过大使负载不能适应,最好应具备均分负荷的性能。否则维护人员应将逆变器输出电压略为提高,使逆变器输出电压在任何时候均保持比市电电压略高的数值,这样逆变器可以一直承担不少于50%的负荷。若一旦市电故障时,可以不出现过大的压降,保证负载能正常的连续工作。

这种方式的另一个优点是可以利用市电低内阻过载能力强的特点,在某一分路负载发生短路时,可以瞬时给出甚大的短路电流。使相应的熔断器迅速熔断,从而使其他负载免受影响。

综合上述各种并联供电方案中,以并机均分负荷供电的质量最好,但其价格昂贵。目前国内有个别单位研制。多数产品为带转换开关的长期锁相方式或并机供电的不均分负荷方式。

四、UPS各部分的性能指标

不间断供电系统主要由逆变器、市电、油机、整流器、蓄电池、静态开关以及各种控制电路(包括同步、锁相、脉冲分配、功率放大逻辑切换、信号监测、保护、显示等电路)组成。由于负载的性质和要求不尽相同,所以UPS的组成以及其各部分的性能要求也相应的有所不同。由于我国尚未正式颁布UPS的国家标准,所以下面仅根据我国引进的UPS以及国内研制情况,将UPS各部分的技术规格和性能要求大致介绍如下。