

DL07/06

静止型不间断电源装置 的应用与维护

张丕林 何蕴香

中国电力出版社

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 静止型不间断电源装置以及它的应用	1
第二节 静止型不间断电源装置的种类和形式	3
第二章 结构和组成	16
第一节 系统框图	16
第二节 整流器	17
第三节 逆变器	21
第四节 蓄电池组	34
第五节 静止开关	37
第六节 滤波电路	42
第七节 触发控制电路	51
第八节 旁路电源和辅助电路	62
第九节 不间断电源装置的选用	72
第十节 UPS 常用的大功率开关器件	79
第三章 工作原理	95
第一节 整流器工作原理	95
第二节 逆变器工作原理	104
第三节 静止开关工作原理	117
第四节 电源装置不间断供电的原理	122
第五节 电压反馈与输出电压稳定的原理	128
第六节 脉冲宽度调制 (PWM) 的工作原理 及其波形产生的方法	136
第四章 接地装置、保护和报警系统	143

第一节	接地装置	143
第二节	保护和报警系统	162
第五章	安装调试和特性试验	192
第一节	电源装置的安装	192
第二节	电源装置的调试	197
第三节	电源装置的特性试验	215
第六章	故障的诊断和排除方法	222
第一节	常见的故障	222
第二节	电源装置的故障及其现象	226
第三节	故障诊断的方法及所需的工具	230
第四节	整流器主回路故障的诊断	242
第五节	整流器触发控制电路的故障诊断	259
第六节	逆变器主回路故障的诊断	269
第七节	逆变器触发控制电路的故障诊断	279
第八节	蓄电池及其他元件的故障诊断	287
第九节	故障诊断实例	295
第十节	利用微机来监视和诊断故障	301
第七章	管理和使用方法	304
第一节	对电源装置温、湿度的控制和管理	305
第二节	日常点检和定期点检维修	311
第三节	总结故障,建立档案	319
第四节	备品备件的管理和零部件的定期更换	322
第五节	岗位培训和标准化作业	329
第八章	蓄电池组	332
第一节	蓄电池组的安装和调试	332
第二节	蓄电池组的初充电	343
第三节	蓄电池的活性化处理	353
第四节	蓄电池的维护保养	358
第五节	蓄电池的选用	364

第九章 应用实例	369
第一节 BDY1—79 型 50kVA 静止型三相交流不 间断电源装置	369
第二节 30kVA 静止型不间断 CVCF 交流电源装置	438
第三节 静止型不间断直流电源装置	506
第四节 简述以功率器件 GTR、MOSFET、IGBT 组成的不间断电源装置	524
参考文献	538

第九章 应用实例	369
第一节 BDY1—79 型 50kVA 静止型三相交流不 间断电源装置	369
第二节 30kVA 静止型不间断 CVCF 交流电源装置	438
第三节 静止型不间断直流电源装置	506
第四节 简述以功率器件 GTR、MOSFET、IGBT 组成的不间断电源装置	524
参考文献	538

第一章 概 述

第一节 静止型不间断电源装置以及它的应用

所谓不间断电源装置就是当交流输入电源（市电）发生异常或断电时，它还能继续向负载供电，并能保证供电质量，使负载供电不受影响。这种供电装置称为不间断电源装置，或者称为不间断供电系统，简称 UPS（Uninterruptible Power Systems）。不间断电源装置有旋转型和静止型两种。

初期的不间断电源装置是旋转型的，它是采用柴油发电机（以下简称“油机”）—电动机—发电机组来实现电能的变换。在正常情况下，市电供给电动机，电动机去带动发电机，把发电机发出的电供给负载。电源系统中的飞轮惯性很大，它是一个贮能装置。当市电发生断电时，电动机就停止运行，这时靠飞轮的惯性使发电机继续发电。同时立即起动油机供电，从而使负载不断电。这种不间断电源装置运行稳定可靠、维护简单方便，但笨重、效率低、噪声大、操作控制也不灵活。

由于电力半导体器件的发展，特别是可控硅制造工艺的不断改进，质量不断提高，价格逐步降低，便开展了对静止型不间断电源装置的研制。于是在60年代初出现了用可控硅制成的静止型不间断电源装置。它以可控硅组成电能变换电路，用蓄电池作为贮能元件。当市电发生断电时，由蓄电池代替整流器向逆变器供电，从而使负载不断电。它与旋转型电源装置相比，没有电动机、发电机和飞轮之类

的旋转体，因此具有重量轻、效率高、噪声小、操作控制灵活等优点。但它过载能力差、系统结构也比较复杂、维护技术要求高。从 60 年代到 70 年代，这种不间断电源装置发展得很快，使用也很广泛。它采用了波形叠加技术，主电路采用可控硅。由于可控硅不能自关断，因此逆变器需要换向电路，同时逆变器输出的电压需要进行滤波。而换向电路和交流滤波电路都是由电感和电容所组成，它们的出现不但增大了体积，而且惯性大，使电源装置输出的动态性能变差。同时，由于大电流可控硅频繁地工作，使电网波形变差，干扰其他用户。

到了 80 年代，就利用自关断的巨型功率晶体管（GTR）来制作成实用的静止型不间断电源装置，这样既省去了换向电路，简化了主回路，减小了体积，提高了效率，改善了动态性能，也提高了可靠性。但由于功率晶体管是一种少数载流子工作的半导体器件，它要求的驱动电流较大，对器件各参数的选择也要求严格。随后又发展到利用自关断的功率场效应晶体管（MOSFET）来制作成实用的静止型不间断电源装置。功率场效应晶体管是多数载流子工作的器件，它采用电压驱动，因此没有存储时间，从关断到开通的速度很快，所需的驱动功率也小，所以用功率晶体管和功率场效应晶体管制作成的静止型不间断电源装置，目前使用得很广泛。

到了 90 年代，就利用绝缘栅双极晶体管（IGBT）来制作成实用的静止型不间断电源装置。绝缘栅双极晶体管是一种由双极晶体管和功率场效应晶体管的组合器件，既具有功率场效应晶体管的栅极电压可控的特性和快速开关的特性，又具有双极晶体管的大电流处理能力和低饱和压降的特点，因此用它制成的不间断电源装置具有广阔的发展前途。

从静止型不间断电源装置的原理上来说, 60 年代到 70 年代利用的是波形叠加技术, 80 年代到 90 年代是在利用波形叠加技术的同时, 还利用了脉冲宽度调制技术。

国外已经生产出各种类型、系列和容量的静止型不间断电源装置, 我国也引进了一批, 使用在钢铁工业、邮电通信、石油化工、化肥化纤、电子计算中心、国防和科研等部门。从 1975 年以来, 我国南京无线电厂、上海电器技术研究所、邮电部设计院、邮电部武汉邮电科学研究所、青岛整流器厂等生产和科研单位, 先后研制出单相和三相静止型不间断电源装置, 产品质量和性能不断提高, 容量也不断增大。

第二节 静止型不间断电源装置的种类和形式

静止型不间断电源装置的种类和形式很多。现在按电源装置输出电压的性质和相数、装置容量、系统的组合方式和结构形式、所使用的主要元器件等进行分类, 并列举出如下几种。

一、按输出电压的性质分类

1. 不间断直流电源装置

它输入的是市电, 输出的是直流电压, 供给负载, 其基本电路如图 1-1 所示。

2. 不间断交流电源装置

它输入的是市电, 输出的是 50Hz 交流电, 供给负载。其基本电路如图 1-2 所示。

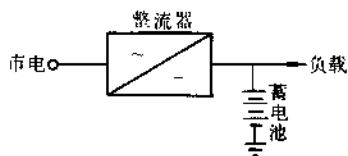


图 1-1 不间断直流电源装置基本电路

第九章 应用实例	369
第一节 BDY1—79 型 50kVA 静止型三相交流不 间断电源装置	369
第二节 30kVA 静止型不间断 CVCF 交流电源装置	438
第三节 静止型不间断直流电源装置	506
第四节 简述以功率器件 GTR、MOSFET、IGBT 组成的不间断电源装置	524
参考文献	538

前有不少的微型计算机都使用 500~1000VA 的不间断电源装置。

四、按系统的组合方式和结构形式分类

1. 简单交流不间断电源装置

图 1-3 示出的是最简单交流不间断电源装置。图中 K 是

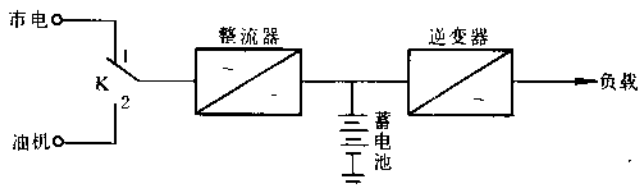


图 1-3 简单交流不间断电源装置

对市电电源和油机发电机组电源进行相互切换的电源开关。在正常情况下，开关 K 打到“1”的位置，由市电向整流器供电。整流器输出的直流电压一方面供给逆变器，另一方面向蓄电池充电。逆变器输出的 50Hz 交流电压供给负载。这时负载得到的交流电压要比市电电压质量高，它具有稳压、稳频的性能，所以有时也称为稳压、稳频电源装置或 CVCF 电源装置。

如果一旦市电发生故障而断电，这时蓄电池自动代替整流器向逆变器供电，可维持负载供电不中断。在蓄电池供电的过程中，起动油机发电机组，开关 K 也自动从“1”位置断开，打到“2”的位置上。这时油机发电机组代替市电向整流器供电，待市电恢复正常后，再重新由市电供电。

象图 1-3 所示的简单交流不间断电源装置，只能保证市电断电时负载供电不中断，而不能保证逆变器发生故障后负载供电不中断。这是这种电源装置的主要弱点。由于它结构简单，性能不全，所以称它为简单的交流不间断电源装置。

2. 具有手动切换的不间断电源装置

对图 1-3 所示的简单交流不间断电源装置作一下改进, 增加一个旁路电源系统, 负载供电的可靠性就会提高很多。旁路电源或 CVCF (稳压稳频) 电源通过手动切换开关向负载供电, 见图 1-4 所示的手动切换的不间断电源。图中 K_2 和 K_3 是用机械联锁的断路器。 K_2 和 K_3 可同时断开, 但不可同时合上, 依靠手动切换。在正常情况下, K_1 打到“1”位置, 由市

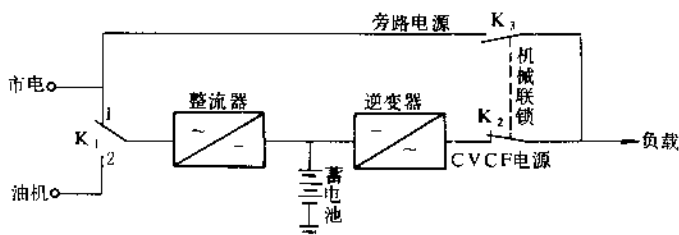


图 1-4 手动切换的不间断电源装置

电供电。 K_2 闭合, K_3 断开, 由 CVCF 电源向负载供电; 当市电发生故障时, 由蓄电池组代替整流器向逆变器供电, 或者由油机发电机组代替市电向整流器供电, 这时开关 K_1 打到“2”位置, 开关 K_2 闭合, K_3 断开, 负载仍由 CVCF 电源供电; 当逆变器发生故障时, 开关 K_1 打到“1”位置, 开关 K_2 断开, K_3 闭合, 由市电直接向负载供电。

这种形式的电源装置, 除了市电和逆变器同时发生故障以外, 负载总能得到供电。但由于 K_2 和 K_3 是依靠手工切换的, 在它们切换期间, 对负载供电将出现中断。所以这种不间断电源装置不能对十分重要的负载进行供电。但它电路简单、切换可靠、价格便宜、维护简单, 因此也得到较广泛应用。

3. 具有转换开关的不间断电源装置

若对图 1-4 中的手动切换开关 (K_2 和 K_3) 部分作一下改进, 用转换开关替代它们, 则手动切换的不间断电源装置便变成图 1-5 所示的具有转换开关的不间断电源装置。在图 1-5 中, 转换开关 K_2 常采用静止转换开关 (也称静态转换开

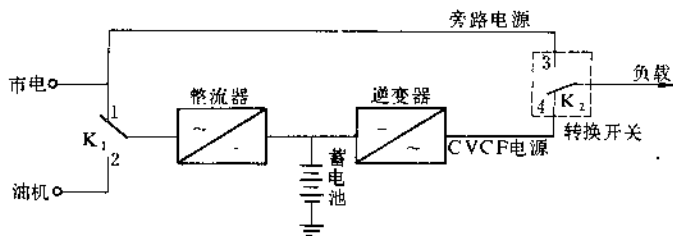


图 1-5 具有转换开关的不间断电源装置

关), 它是无触点开关, 常用可控硅反并联形式, 组成交流开关。但在小容量电源装置中, 也有的用有触点转换开关。在正常工作时, K_1 打到“1”位置, 由市电供电。转换开关 K_2 打到“4”位置, 由 CVCF 电源系统向负载供电; 当市电发生故障时, 由蓄电池组代替整流器向逆变器供电, 或者由油机发电机组向整流器供电 (开关 K_1 从“1”位置转换到“2”位置), 转换开关 K_2 打到“4”位置, 负载由 CVCF 电源供电; 当逆变器发生故障时, 转换开关 K_2 将自动地从“4”位置转换到“3”位置, 由市电直接向负载供电。但实现转换是有条件的, 要求逆变器输出电压的相位与市电电压的相位保持一致, 通常采用锁相同步的办法来保证。

显然, 具有转换开关的不间断电源装置比图 1-4 所示的手动切换的不间断电源装置要好得多, 负载供电不会出现数秒钟的中断。即使采用有触点的转换开关, 负载供电也只有

40~50ms 的中断时间。如采用静止转换开关,负载供电不会超过 5ms 的中断时间,有时只有 100us 左右的中断时间。

4. 互为备用的两组独立的不间断电源装置

如果遇上两组负载要求单独供电,以保证每组负载有独立的工作地位,可采用图 1-6 所示的具有两组独立电源的不间断电源装置在正常情况下,A 组电源向负载 A 供电,B 组电源向负载 B 供电。在运行过程中,如果 A 组电源发生故障,静止开关 A 会自动打到市电供电侧,这时负载 A 暂时由市电供电。在发生故障的同时,会发出报警信号。操作维护人员听到报警后,知道 A 组电源发生了故障,就将手动选择开关 K_A 切断,同时合上手动选择开关 K_2 ,让负载 A 也接受 B 组电源供电。在对 A 组电源进行修理的时候,可以拔掉 A 组电源中的快速熔断器,同时切断静止开关 A。待 A 组电源修复后,就恢复原来的独立供电方式。如果 B 组电源发生故障,其处理方法与 A 组电源故障时的处理方法相同。这种电源装置的供电优点是:①两组负载都有它们自己的独立电源,在正常情况下,两组负载供电相互不受影响;②当两组电源中任意一组发生故障后,另一组电源可同时向两组负载供电。因此,两组电源供电具有相互备用性,使供电可靠性提高;③无论两组电源都正常,还是其中有一组电源发生故障,负载供电质量都能得到保证;④无论哪一组电源发生故障,都能做到一边供电,一边修理,不影响生产。其缺点是:①投资多,占地面积大,维护工作量也大;②要求每组电源的额定功率都不小于负载 A 和负载 B 的总容量,因此在正常情况下属大马拉小车之例。

5. 采用并机型静止开关的不间断电源装置

对具有转换开关的不间断电源装置,无论负载供电从市

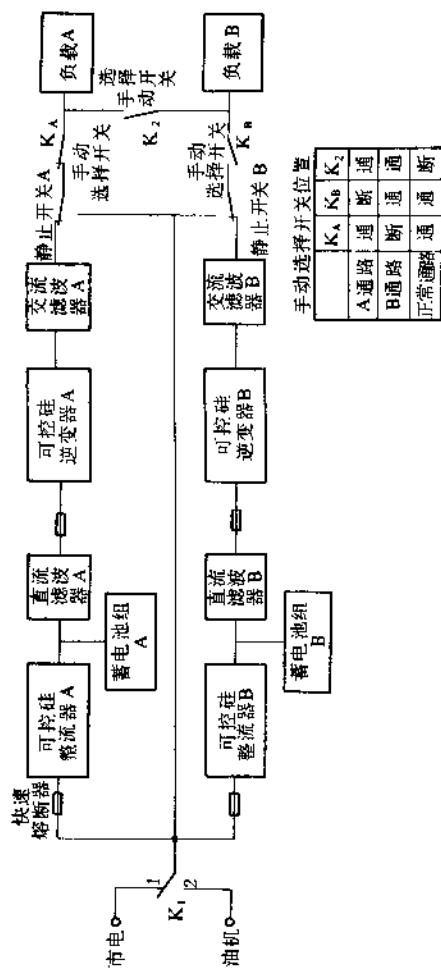


图 1-6 具有两组独立电源的不间断电源装置

电切换到 CVCF 电源，还是从 CVCF 电源切换到市电，在切换过程中负载上的电压将发生一些波动，负载供电受到瞬时间的中断。如果采用并机型静止开关来代替转换开关，见图 1-7 所示的采用并机型静止开关的不间断电源，则在切换过程中能做到负载供电不中断，负载上的电压不会发生显著波动，使整个切换过程自然平稳。

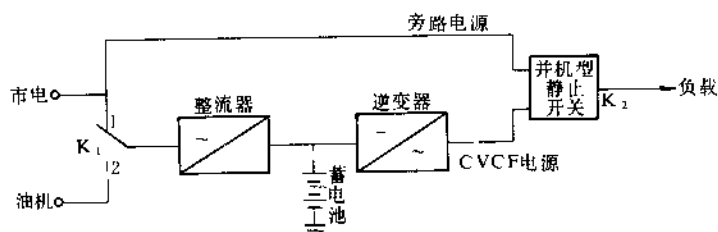


图 1-7 采用并机型静止开关的不间断电源

这种电源装置的逆变器输出电压与市电电压长期处于锁相同步，CVCF 电源侧的并机型静止开关和旁路电源侧的并机型静止开关一直处于工作状态，所以这两组电源一直处于并机运行，同时都向负载供电。如果逆变器发生故障，则旁路电源（市电）将承担 100% 的负荷；如果旁路电源发生故障，则 CVCF 电源承担 100% 的负荷。这种电源装置供电方式的转换，不需要专门的转换检测电路，转换过程简单，转换性能好。

6. 具有多重并联功能的不间断电源装置

对一些特别重要的负载，供电电源采用双重保险还不够，供电可靠性需要再进一步地提高。这时可采用三重保险，甚至多重保险。如图 1-8 所示的是三重保险不间断电源。在图 1-8 中有两路市电和两组油机，当市电 A 发生故障时就使用市

电 B；同样，当油机 A 发生故障时就使用油机 B，这是增强供电可靠性的一个措施。图 1-8 中又有 CVCF 电源 A 和 CVCF 电源 B 两个系统，采用并机型静止开关(K_2)，让这两个 CVCF 电源系统处于并联运行。如果其中一个电源系统发生故障，另一个电源系统照旧运行，这是增强供电可靠性的另一个措施。在输出端设置一个静止开关(K_3)，它可采用转换型，也可采用并机型

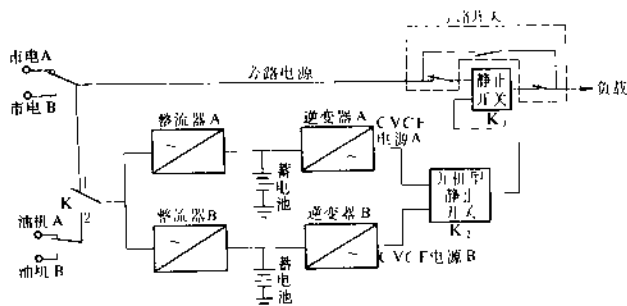


图 1-8 具有多重并联功能的不间断电源

如果 K_3 采用的是转换型静止开关，只要逆变器 A 和逆变器 B 不是同时发生故障，则由正常的那台向负载供电，负载还是能得到优质电源的。如果逆变器 A 和逆变器 B 同时发生故障，则负载由旁路电源供电，这是增强供电可靠性的第三个措施；如果 K_3 采用的不是转换型的而是并机型的，只要逆变器 A 和逆变器 B 不是同时发生故障，则由正常的那台与旁路电源同时向负载供电（两者锁相同步）。如果逆变器 A 和逆变器 B 同时发生故障，则负载由旁路电源供电。

设置旁路开关是为了便于检修逆变器和静止开关。当静止开关发生故障时，旁路开关会自动投入运行，负载由旁路

电源供电。

7. 具有备用单元或备用电源的不间断电源装置

(1) 具有备用单元的不间断电源装置。直流不间断电源装置的可靠性主要在于整流器；交流不间断电源装置的可靠性主要在于整流器和逆变器。为了提高整流器和逆变器的可靠性，可以用 m 个容量和结构形式完全相同的单元并联起来，组成一个总的整流器和一个总的逆变器，见图 1-9 所示的具有备用单元的不间断电源装置。

设计时，可以使 $(m-1)$ 个单元的容量总和，等于原来整流器的容量或逆变器的容量，而将多余的一个单元作为备用。当 m 个单元中的任意一个单元发生故障后，可立即将备用单元投入系统运行，去替代那个故障的单元。而对故障单元又可进行离线修理，待修复后可作为新的备用单元。这种结构形式的电源装置，当某一个整流单元或逆变单元发生故障后，不会影响到对负载的供电；同时，又可做到一边供电，一边修理，使其运行不影响修理，修理不影响生产。如果出现两个单元同时发生故障，这时可将备用单元投入运行，把两个故障单元离线，电源装置能继续向负载供电。不过这个时候电源装置处于满载或轻度过载运行，因为在一般情况下电源装置都不会处于满载运行，所负载多数为额定负载的 $60\% \sim 70\%$ ，待修复后即可恢复正常运行。在具有备用单元的不间断电源装置中，两个单元同时发生故障的现象是少见的。组成这种结构形式的不间断电源装置，可靠性得到很大提高，但系统结构复杂、投资大、维护工作量也增大，因此通常只使用在很重要的场合。

(2) 具有备用电源的不间断交流电源装置。如果有两套电源，一套在线运行，另一套备用（如图 1-10 所示），那供