

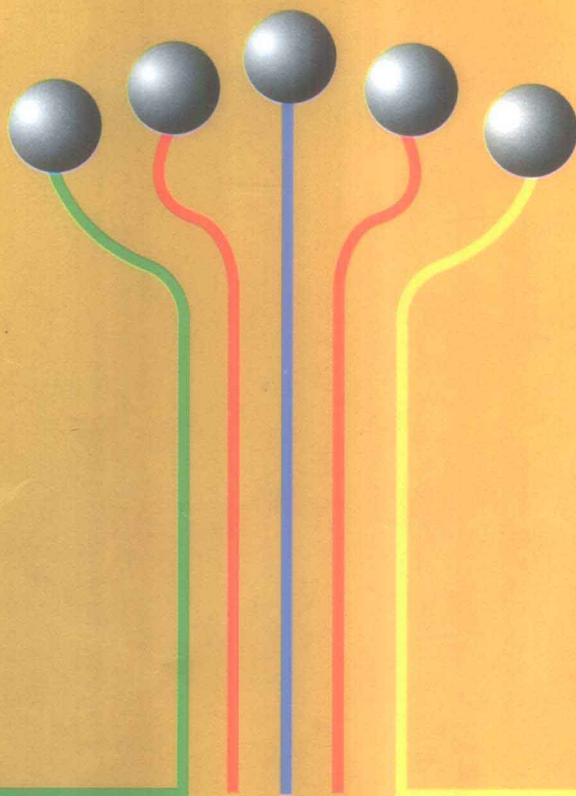
JIAOLIUWENDINGDIANYUANFENCE

实用电源技术手册

SHIYONGDIANYUAN
JISHUSHOUCE

交流稳定电源分册

分册主编 / 张乃国



辽宁科学技术出版社

实用电源技术手册

交流稳定电源分册

分册主编/张乃国

辽宁科学技术出版社

·沈 阳·

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电源技术手册: 交流稳定电源分册/张乃国分册主编. - 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999. 10

ISBN 7-5381-2951-0

I. 实… II. 张… III. ①电源 - 技术手册②交流 - 稳定电源 - 技术手册 IV. TM91 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 07471 号

辽宁科学技术出版社出版
(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)
沈阳市第二印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

开本: 787×1092 毫米 1/16 字数: 213 千字 印张: 10
印数: 1—6,000

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 枫 岚	版式设计: 于 浪
封面设计: 庄庆芳	责任校对: 周 文
插图: 刘天元	

定价: 20.00 元
邮购咨询电话: (024) 23263845

《实用电源技术手册》编辑委员会

主任委员兼总主编 丁道宏

副主任委员兼副总主编 叶治政 李允武

委员 (按姓氏笔画排列)

丁道宏	马凤兰	王其英	史平君	叶治政
李允武	李占师	刘选忠	张乃国	倪本来

《交流稳定电源分册》

主 编 张乃国

主 审 张广明

编 者 (按姓氏笔画排列)

于百江	王计法	张乃国	张广明
吴新开	林周布	钱宁生	程柏年

内 容 提 要

本书主要叙述交流稳压、稳频和稳流电源的工作原理、设计方法及使用维护等方面的内容,以交流稳压电源为重点,对其分类、原理、设计、测试、选用及发展等均有较详细的阐述。

本书以在各部门中从事设计、教学、生产及维护交流稳定电源设备的工程技术人员为主要读者对象,也可供大专学校师生及工厂电气工程师参考。

总 前 言

《实用电源技术手册》，这里的“电源技术”，是指采用功率电子技术，将一种（直流或交流）电源，变换成另一种或另一规格大小电源的技术。这种经过变换的电源，将能更好地适用于各种用电设备的不同要求。电能（源）经过功率电子技术处理，又能获得良好的节能效果。国外发达国家作为电源的电能，已有 80% 经过这种技术处理，节能效果达 15% 到 40%。预计到 2000 年经过处理再应用的电能将达到 95%。

近 20 年来，电源技术经过了迅速而又长足地发展。作为电源技术的关键元件——大功率半导体器件，从半控型的晶闸管，发展到可关断晶闸管（GTO）以及全控型功率晶体管（GTR），绝缘栅双极型晶体管（IGBT），功率场效应晶体管。电源变换技术，也从开始采用线性变换发展到开关电源、高频开关电源；并且还有“硬开关”、“软开关”技术。功率等级也从几十瓦，发展到几十千瓦（伏安）或几百千瓦（伏安）。其应用领域涉及到计算机、通信、工业自动化、电子或电工仪器和家用电器等，几乎包括科学技术的各个领域和社会生活的各个方面。应用范围如此之广，一方面已形成了庞大的专业技术队伍，全国具有技术职称的专业人员，大约不少于 8 万人。这里包括研究、教学、设计、生产、维修人员，其中中等或中等以上专业技术人员占多数。另一方面，也形成了广大的电源用户队伍。

《实用电源技术手册》的出版，正是面对当前这样的形势：《手册》将介绍不同种类电源的基本工作原理、单元的组成、性能与主要技术指标、典型产品的剖析介绍；电源的使用与维护、性能的测试条件与测试方法；不同类型电源的优缺点与适用场合、使用中应注意的问题，等等。对于某些电源，还介绍了一些基本的设计计算方法。这些内容，对于用户如何从型号繁多的各种电源中正确地选用电源，如何正确地使用与维护电源，无疑是会有很大帮助的。对于广大的维修人员也将是一本重要的可以直接借鉴的参考书。对于设计与研究人员，在电源技术的工程实践方面，包括：电源电路的方案选择、主要元件选用与基本计算和确定、加工与调试等，本书也希望能成为一本不可缺少的工具书。

《实用电源技术手册》采用按电源种类或专题，以《分册》形式陆续出版。第一批四个分册，现已确定的有：《电源元器件分册》。这是考虑到元器件是各种不同电源的基础；还有《模块式电源分册》、《交流稳压电源分册》、《不间断电源分册》等。将从 1998 年陆续出版。

本书的读者对象为具有电类中专以上水平，并有一定电源实际工作经验的工程技术人员，对于大专院校师生、电子爱好者都有参考价值。

由电源行业组织编写系统而又完整的《实用电源技术手册》，对于我们是一次尝试，限于水平，错漏难免，欢迎读者不吝赐教，批评指正。

《实用电源技术手册》总主编 丁道宏

分册前言

交流稳定电源是交流稳压电源、稳频电源、稳流电源及不间断供电电源等具有交流稳定性能电源的总称,一般来说,交流稳定电源主要指交流稳压电源和不间断电源两个方面,它是电源技术领域中的重要分支。由于我国交流电网的电压波动较大、干扰较多,有时停电等情况常常发生,交流稳压电源和不间断电源已成为许多电子设备不可缺少的供电装置。不间断电源(UPS)另有分册介绍,故本书主要叙述交流稳压、稳频和稳流方面的内容,而且以交流稳压电源为重点。交流稳压电源的种类较多,主要有参数调整型、自动调压型、开关型及大功率补偿型等。从结构上看,有单一型和组合型;有工程应用型和基准源型;有的兼有稳压和稳频功能,也可以制成变频调压型交流电源。

交流稳定电源广泛应用于科学研究、经济建设、军事设施、医疗仪器及人民生活等各个方面,是电子设备(例如计算机及程控交换机等)和机电设备(例如数控机床等)的基础,它为一切用电设备及装置提供优质电能,因此交流稳定电源与科学技术和国民经济的发展密切相关,对其具有较大的推动作用。

本书是以在各部门从事设计、教学、生产及维护交流稳定电源设备的工程技术人员为主要读者对象,阐述交流稳定电源的电路原理及设计方法,尽量突出实用性。内容的安排依据科学的分类方法,在第二至第五章中介绍有关交流稳压技术方面的内容;第六章介绍交流稳频及稳流技术;第七章“测试技术”内容旨在宣讲国家有关标准,以利国家贯彻执行;第一和第八两章叙述交流稳压电源的分类、选用及发展趋势。

参加书稿编写的有张广明研究员、钱宁生工程师、王计法高级工程师、程柏年高级工程师、吴新开副教授、于百江高级工程师、林周布高级工程师和张乃国高级工程师,还有范雅俊教授、毛培根副教授、林占江副教授、宁仁贵高级工程师及李裕炎高级工程师等提供了部分素材。由张乃国拟订全书内容大纲,编写了第一章、第五章、第八章及第二、四、七章中部分内容,并负责全书统编工作。全书完稿后,经中国科学院计算技术研究所张广明研究员及本手册总主编、中国电源学会理事长丁道宏教授审阅,提出许多宝贵意见。在本书编写过程中,还得到电源技术界许多友人的帮助,在此一并表示衷心的感谢。

编者水平有限,时间仓促,错漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

主编 张乃国

1999年5月于清华大学

目 录

第1章 交流稳压电源的分类与主要技术指标	1
1.1 交流稳压电源的分类	1
1.2 主要技术指标	4
1.2.1 稳态性能指标	4
1.2.2 动态性能指标	6
1.2.3 抗干扰(电磁兼容)性能指标	7
1.2.4 其他指标	7
第2章 参数调整(谐振)型交流稳压电源	8
2.1 特点与应用	8
2.2 铁磁器件的非线性特性	10
2.2.1 铁心线圈的饱和磁化特性	11
2.2.2 饱和电抗器的工作状态及其等效电路	12
2.2.3 饱和电抗器的伏安特性	14
2.2.4 带空气隙铁心线圈的磁化特性	14
2.2.5 带空气隙的铁心线圈与电容串联时的工作状态	15
2.2.6 饱和电抗器与电容并联时的工作状态	16
2.3 铁磁谐振型稳压电源	18
2.3.1 铁磁稳压器的稳压过程	18
2.3.2 铁磁稳压器的稳压特性分析	21
2.3.3 负载性质对输出电压稳定性能的影响	23
2.3.4 稳压范围与负载量的关系	25
2.3.5 铁磁稳压器的过功率保护特性	25
2.3.6 铁磁稳压器的输入功率因数	26
2.3.7 铁磁稳压器的输出电压波形及波形补偿	26
2.3.8 铁磁稳压器的频率特性及抗干扰能力	28
2.4 稳压变压器	30
2.4.1 稳压变压器的等效磁路及等效电路	31
2.4.2 稳压变压器铁心中的磁通分布情况	33
2.4.3 稳压变压器的设计	35
2.4.4 稳压变压器的组装工艺	40
2.4.5 稳压变压器的调整	42
2.5 可控型稳压变压器	45
2.5.1 可控型稳压变压器的工作原理	45
2.5.2 可控型铁磁谐振稳压器	46

2.5.3 可控型稳压变压器	46
2.6 磁放大器调整型稳压电源	49
2.7 磁放大器式改进型稳压电源	51
2.7.1 基本工作原理	51
2.7.2 电路原理分析	53
2.7.3 电路参数设计	55
2.7.4 设计举例	58
2.8 “净化”型稳压电源	60
2.8.1 工作原理	60
2.8.2 特点	61
2.8.3 使用与维护	62
第3章 自耦(变比)调整型交流稳压电源	63
3.1 单相自耦调压器型	63
3.1.1 电路组成	63
3.1.2 电路工作原理	64
3.2 三相自耦调压器型	66
3.2.1 两种调节稳压方式	66
3.2.2 电路工作原理	66
3.3 自耦变压器的设计	68
3.4 控制电路的设计	71
3.5 设计举例	74
3.6 使用与维护	78
3.6.1 使用方法	78
3.6.2 维修要点	78
3.7 调整变压器抽头型	81
3.7.1 单相变压器抽头的转换	81
3.7.2 三相变压器抽头的转换	81
3.8 变压器绕组组合型	83
3.9 主电路的设计	87
第4章 大功率补偿型交流稳压电源	90
4.1 三相柱式调压器型	90
4.1.1 工作原理	90
4.1.2 电路举例	92
4.1.3 设计方法	94
4.2 产品实例	97
4.2.1 工作原理	97
4.2.2 性能及特点	99
4.2.3 使用方法	100

4.2.4 常见故障及其维修	100
4.3 单补偿变压器型	102
4.4 多补偿变压器组合型	102
4.4.1 电路组成	103
4.4.2 主电路工作原理	104
第5章 开关型交流稳压电源	106
5.1 部分功率补偿型	106
5.2 全功率变换型	109
第6章 交流稳频与稳流电源	111
6.1 波形控制型稳频电源	111
6.1.1 工作原理	111
6.1.2 设计方法	117
6.1.3 产品举例	118
6.2 逆变器型稳频电源	119
6.2.1 工作原理	119
6.2.2 设计方法	122
6.2.3 产品举例	123
6.3 交流稳流电源	124
6.3.1 自动平衡式交流稳流电源	124
6.3.2 他激式宽频带稳流电源	127
第7章 交流稳压电源的测试技术	129
7.1 测试的一般要求	129
7.2 稳态性能指标的测试	130
7.3 动态性能指标的测试	136
7.4 抗干扰(电磁兼容性)指标的测试	139
第8章 交流稳压电源的选用与发展	144
8.1 选择与应用	144
8.2 发展趋势	146
主要参考文献	148

第 1 章 交流稳压电源的分类与主要技术指标

交流稳压电源是电源技术中的重要组成部分，它的输入为单相或三相交流电，输出仍为交流电（单相或三相）。

1.1 交流稳压电源的分类

交流稳压电源有许多种，也有几种分类方法。按市场上“约定俗成”的习惯说法有 10 多个类型，但其名称和概念比较模糊，本书以主电路结构和稳压原理为依据进行分类，并兼顾市场上的习惯说法。

按交流稳压电源的工作原理可以分成四类：

1. 参数调整（谐振）型

市场上所说的“参数稳压器”是以 LC 串联谐振原理为基础实现稳压的，如图 1-1 (a) 所示。这里的 L 和 C 都是线性器件，输出电压 U_o 与输入电压 U_i 的关系为

$$\dot{U}_o = \frac{1}{1 - \omega^2 LC} \dot{U}_i$$

则

$$\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{1}{1 - \omega^2 LC}$$

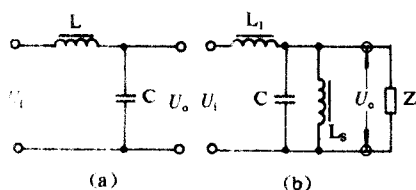


图 1-1 铁磁谐振型稳压电源

U_o 与 U_i 的比值取决于感抗 ωL 与容抗 $1/\omega C$ 的大小。在铁磁谐振稳压器和稳压变压器中，由于电容 C 的两端并联了饱和电抗器 L_s ，见图 1-1 (b)，使等效的并联容抗呈现非线性，这种非线性特性随着 L_s 的饱和程度在变化，而 L_s 的饱和程度又是在输入电压 U_i 和负载阻抗 Z 的变化时自动调整的，当 U_i 较低时，可以使 U_o 高于 U_i ，而在 U_i 较高时，又可以使 U_o 低于 U_i 。由于 L_s 处于饱和状态，它的磁化伏秒面积基本上是一个固定值，从而使输出电压 U_o 稳定。可见这种稳压原理是改变 L_s 的饱和程度，使 L_s 与 C 的并联容抗与 L_1 谐振实现的。还有一种称为可控型参数稳压器（可控型稳压变压器），它是通过改变可控硅的导通角等效地改变饱和电抗器的磁化伏秒面积实现输出电压的调整，故可称此为“晶闸管相控铁磁谐振型稳压器”。

图 1-2 (a) 是我国 50 年代就已流行的“磁放大器调整型电子交流稳压器”（俗称“614 型”）的主电路。图中 TA 是自耦变压器，AM 是磁放大器， N_1 、 N_2 是 AM 的两个交流绕组， N_3 是直流控制绕组， U_Y 是由输出采样及直流放大电路引来的直流控制电压。由其产生的电流 I_Y 改变交流绕组的感抗，进而改变 TA 中的电流 I_1 及补偿电压 ΔU ，最后保持输出电压 U_o 的稳定。从上述工作过程看，是基于“调感原理”实现稳压的。图

中 LC 用于吸收 3 次谐波，以减小 U_o 的失真度。

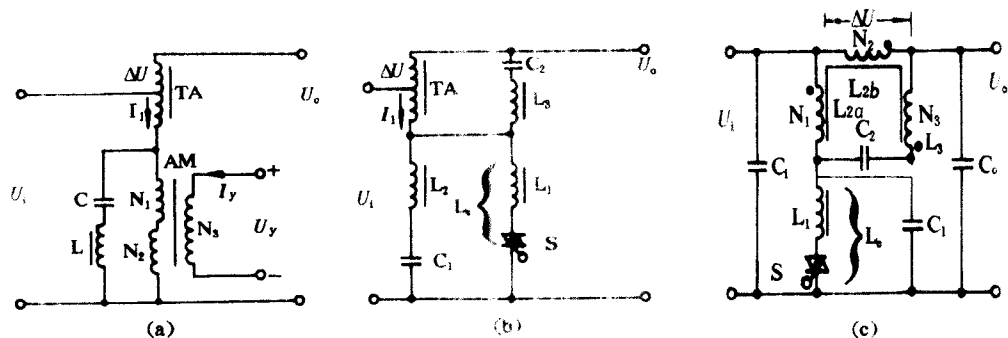


图 1-2 磁放大器调整式及其改进型原理

图 1-2 (b) 是图 1-2 (a) 的改进型 (俗称“精密型”)，用双向可控硅 TRIAC (这里用 S 表示，以与后述内容符号一致) 及电感 L_1 取代图 (a) 中的磁放大器 AM，从而改善稳压器的动态响应。S 及 L_1 形成调感支路，改变 S 的导通角度，即可改变其等效电感 L_e ，基本工作原理与图 (a) 相同。 L_3 、 C_2 用于吸收 5 次谐波。因采用 TA、 L_1 、 L_2 、 L_3 四个电磁器件，有时简称“四铁心型”，就其稳压原理而言，可称此种类型为“晶闸管相控直接调整型稳压器”。

图 1-2 (c) 是图 1-2 (a) 的再改进 (俗称“净化型”)，把图 1-2 (b) 中的 L_3 绕在 L_{2a} 、 L_{2b} 同一铁心上，又省去了 L_2 ，从而变成两个电磁器件，有时简称“两铁心型”。在绕组 N_2 上形成的补偿电压 ΔU 串联在输入电压 U_i 与输出电压 U_o 之间，由双向可控硅 S 通过相位控制方式来改变 ΔU ，最后使 U_o 稳定。可见，也是利用调感原理，与可控稳压变压器类似，所以应属于参数调整型。就稳压原理而言，图 1-2 (c) 中的等效电感 L_e 与 C_1 电容是谐振的，故可称此种类型为“晶闸管相控线性谐振型稳压器”，以与前述几种相区别。

2. 自耦 (变比) 调整型

这类交流稳压电源是以自耦变压 (调压) 器为基础实现稳压功能的，典型电路结构有下列两种：

(1) 机械调压型，是以伺服电机带动炭刷在自耦变压器的绕组滑面上移动，改变 U_o 对 U_i 的比值，从而自动实现输出电压的调整和稳定。如图 1-3 (a) 所示，图中 TA 为自耦调压器。

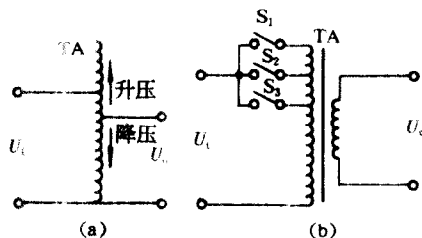


图 1-3 自耦 (变比) 调整型稳压原理

实际上它就是将平常的手动调压器，利用电子电路及微型电机改“手动”为“自动”。所以市场上俗称为“全自动型交流稳压器”。

(2) 改变抽头型，改变变压器的初级 (或次级) 抽头的方法，来改变 U_o 与 U_i 的比值，如图 1-3 (b) 所示，将自耦变压器做成多个固定抽头，通过用继电器或双向可控硅 (固态继电器) 做开关器件自动改变抽头位置，从而实现输出电压的稳定。

这些抽头的位置如果用继电器转换,而且使 U_i 在很大范围内变化时,均能保持 U_o 的基本稳定,这就是市场上俗称的“宽限型交流稳压器”,这种稳压器的稳压精度较低。

为了提高稳压精度,就得增加抽头个数,其开关元件改为无触点的双向可控硅,而开关器件 S 用数字电路或单片微机来控制,从而提高其性能,这就是市场上俗称的“数控型交流稳压器”。

3. 大功率补偿型

这里所说的“补偿”,有“补足”或“抵消”的意思,当输入电压低于额定值时,由补偿环节产生一个同极性的“电势源”补足输入侧所缺的那部分电压;当输入电压高于额定值时,由补偿环节产生一个反极性的电势源抵消输入侧所超过的那部分电压。必须说明的是在电源技术中,补偿环节所产生的能量仍然是从输入侧电源取得的。

凡是可以大范围调整输出电压的单元电路都可以采用补偿技术,前述的自耦调压器或改变变压器抽头方式都可以构成补偿环节,使输出电压稳定或扩大输出功率。前述的所谓“净化电源”[见图 1-2c] 实际上就是可控型参数稳压技术加上补偿环节 (N_2 上的电压 ΔU 即补偿电压) 构成的。

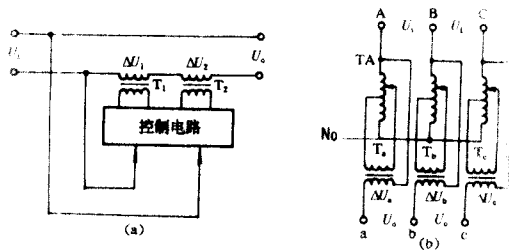


图 1-4 大功率补偿型稳压原理

这里把补偿型作为一个独立类型,不是指上述主电路中的局部补偿环节,而是具有一个或多个单独的补偿变压器,而且用在大功率交流稳压器场合中,如图 1-4 (a) 和 (b) 所示,它的控制技术具有一些特点,更容易实现微机控制。图 (a) 中 T_1 、 T_2 是两个独立的补偿变压器,当对稳压精度要求较低时,可用一台,要求较高时可用三台以上。图 (b) 是三相柱式调压型稳压器,图中 T_a 、 T_b 、 T_c 是三台独立的补偿变压器。

上述两种稳压器因多用于大功率供电场合,所以也称为“电力稳压器”。

4. 开关型

把先进的高频开关电源技术引入到交流稳压电源中,可以取得减小体积、重量,节省铜铁材料等效果,具有效率高、响应速度快等优点。

图 1-5 (a) 是部分功率补偿型,它从输入侧取得工频交流电压,经过整流取得脉动直流电压,再通过高频脉宽调制 (PWM) 技术形成逆变后的交流电压,再通过相位跟踪与转换电路取得与输入侧同频同相的补偿电压 (补偿环节的功率约为负载功率的 1/4),加在输入与输出 (负载) 之间,使输出电压稳定。可见,它比一般的直流开关电源 (输出量是直流) 要复杂一些,因为这里开关电源的输出量必须是与输入侧同频同相的交流电压。

图 1-5 (b) 是全功率变换型,即把交流输入电压整成平滑直流,再通过 DC/AC 变换 (即逆变) 变成工频交流电压供给负载,其中的 DC/AC 环节采用高频 PWM 技术,输出电压波形有方波、梯形波、正弦波等,即市场上的不间断电源 (UPS),当把 UPS 中

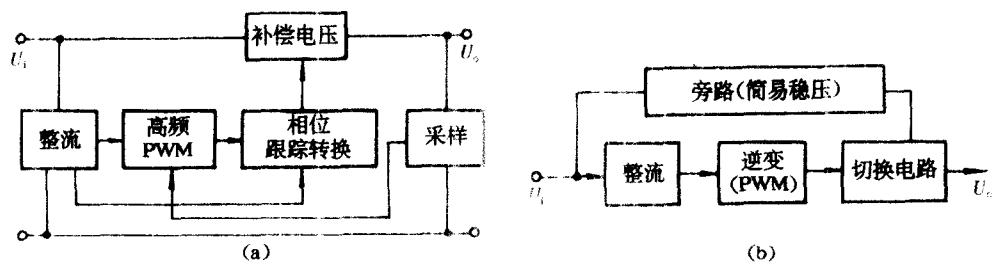


图 1-5 开关型稳压原理

的蓄电池及充电器不用时，就是一台交流稳压（稳频）电源。图中的“旁路”环节，如果在有市电时接入旁路（逆变器不工作），称为后备式 UPS。如果在有市电时使逆变器工作，旁路环节作备用，这时称为在线式 UPS。这里的逆变环节是核心部分，它要承担负载的全部功率，所以其成本要比上述部分功率补偿型高多了。

开关型交流稳压电源的稳压性能好，控制功能强，易于实现智能化，是一种发展方向。但由于其电路复杂，价格较高，目前难于推广。

1.2 主要技术指标

为了深入理解交流稳压电源的性能特性，这里简述交流稳压电源的主要技术指标

1.2.1 稳态性能指标

1. 源电压范围

交流稳压电源并不是在任何交流电压输入的情况下都能使输出电压稳定，而是有一个适应范围。一般情况下要求输入电压在额定值的 $-15\% \sim +10\%$ 范围内变化，也有的要求适应范围更大一些。

源电压范围的测试条件是：除源电压以外的其他量应符合基准条件，被测电源输出电压的变化量应满足“源电压效应”，被测量是源电压的最低值与最高值。

2. 源电压效应（亦称电压调整率）

定义为“仅由于输入电压的变化而引起输出量变化的效应”，除了源电压以外的其他量应符合基准条件。改变量是源电压，被测量是输出电压的稳态值。当负载为额定值时，将输入电压按源电压范围由额定值向上调到上限值和往下调到下限值，测量输出电压的最大变化量（ $\pm\%$ ）。

用下式表示

$$S_U = \frac{\Delta U_{\max}}{U_{on}} \times 100\% \quad (1.2-1)$$

式中： $\Delta U_{\max}$ ——在输入电压往上或往下调节时，输出电压变化的最大值（V）；

U_{on} ——输出电压额定值（V）。

这个值越小越好，是衡量交流稳压电源性能的一个重要指标。

3. 负载效应 (亦称负载调整率)

定义为“仅由于负载的变化引起输出量变化的效应”。除负载以外的其他量应符合基准条件。改变量是负载 (输入电压取额定值或取最低值和最高值两种情况), 被测量是输出电压的稳态值。负载电流取 0 ~ 50%、50% ~ 100% (由小到大, 再由大到小), 测量输出电压的变化量 ($\pm\%$)。

用下式表示:

$$S_L = \frac{\Delta U_{\max}}{U} \times 100\% \quad (1.2-2)$$

式中: $\Delta U_{\max}$ ——由于负载变化引起输出电压的最大变化量 (V)。

这个值越小越好, 也是衡量交流稳压电源性能的一个重要指标。

4. 输出电压相对谐波含量 (亦称为输出电压失真度)

输出电压相对谐波含量通常用 THD 表示, 这一指标的理论上定义为“谐波含量的总有效值与基波有效值之比”, 即

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \quad (1.2-3)$$

式中: U_n —— n 次谐波电压有效值;

U_1 ——基波电压有效值。

在实际测试时基波电压有效值 U_1 难以测量, 而用输出电压的总有效值 U 代替基波电压 U_1 , 这样便于直接测量 (这时的误差可以忽略), 即

$$\text{THD} \approx \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U} \quad (1.2-4)$$

当负载为额定值、源电压失真度满足基准条件时 (一般应小于 3%), 在源电压为最低值、额定值和最高值时测量输出电压失真度, 取其最大者。

这个值越小越好, 它也是交流稳压电源的一项重要指标。

5. 效率

这也是交流稳压电源的一项重要指标, 它的定义是所有的影响量均在基准条件下, “输出的有功功率 P_o 与输入的有功功率 P_i 之比 (百分数)”, 即:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (1.2-5)$$

当输入和输出电压、电流均为正弦波时, 也可以如下定义:

$$\eta = \frac{U_o I_o \cos \varphi_o}{U_i I_i \cos \varphi_i} \times 100\% \quad (1.2-6)$$

式中: U_o 、 I_o 、 φ_o ——输出电压电流 (有效值) 及二者的相位差。

U_i 、 I_i 、 φ_i ——输入电压电流 (有效值) 及二者的相位差。

必须指出, 如果 U_o 、 I_o 或 U_i 、 I_i 中任何一个量是非正弦波时, 这个公式是不能直接使用的。同理, 也不能用普通按正弦波刻度的平均值检波式仪表进行测量, 否则将产

较大的测量误差。这时必须选用专门的数字式仪表进行测量。

电源整机的效率当然是越高越好，效率高时表示节约电能，还可以减少机内温升，从而提高电源设备的工作可靠性。

6. 负载功率因数

交流稳压电源，一般都用伏安（VA）或千伏安（kVA）值来表示容量，原因是负载中除纯电阻性负载外，还有感性和容性负载，即负载中除有功功率外，还有无功功率。这个指标反映了交流稳压电源带感性及容性负载的能力。可用下列公式表达：

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1.2-7)$$

式中： P ——有功功率， $P = S \cos \varphi$

Q ——无功功率， $Q = S \sin \varphi$

φ ——输出电压与电流之间的相位差

当 $\varphi = 0$ 时，负载是纯阻性； $\varphi = 90^\circ$ 时，是纯电抗性（即纯感性或纯容性）。

一般的交流稳压电源，负载功率因数 $\cos \varphi$ 为 0.8，当产品为 1kVA 时，输出的有功功率（即带阻性负载的能力）最大为 800W。如果产品用 1kW 表示时（ $\cos \varphi$ 仍为 0.8），可输出有功功率 1kW，这时可输出的视在功率 $S = 1000/0.8 = 1250\text{VA}$ 。

负载功率因数的测试条件是除负载以外的其他量应符合基准条件，改变的是负载的性质。

负载功率因数值小些较好。此数值较小时，表示电源设备适应电抗性负载的能力较强。

交流稳压电源的稳态指标还有输出功率、输入频率、源频率效应、温度效应、随机偏差（时间漂移）、空载输入功率、源功率因数（此值与负载功率因数不同，希望越大越好，最大为 1）、源电流相对谐波含量、音频噪声等项，如果是三相交流稳压电源，还有三相输出电压不平衡度等，这些指标的定义及测试方法可参考有关标准。

1.2.2 动态性能指标

动态性能，也称瞬变特性。它反映输入电压或负载电流突然变化时（含往上和往下阶跃）。输出电压的响应程度。

1. 源电压阶跃情况

突然改变源电压（一般由额定值突升 5% ~ 10% 和突降 5% ~ 10%），观察输出电压的最大过冲幅值和瞬态总恢复时间（亦称响应时间）。

过冲幅值是由输出电压额定值（一般观察峰值点）至上冲总量的差值（取绝对值），此值越小越好。

总恢复时间是指从阶跃量作用时刻算起至输出电压峰值恢复到额定情况为止的时间。此值也是越小越好。

2. 负载阶跃情况

突然改变负载电流（一般由输出电流额定值的 30% ~ 50%，再做额定值的 80% ~ 100%。为了简单起见，也可以做由空载至半载的突升和突降后再做半载至满载的突升和突降），观察输出电压的最大过冲幅值和总恢复时间。

过冲幅值及恢复时间的计算方法与电压阶跃情况相同,此值越小越好。

动态性能指标还有启动冲击电流及开关机过冲等项目。

1.2.3 抗干扰(电磁兼容)性能指标

按电子测量仪器及抗干扰型交流稳压电源标准规定主要有下列5个项目:

1. 电源瞬态敏感度

使输入电源电压从比额定值高10%瞬变到高30%,然后从比额定值低10%瞬变到低30%,在此瞬变过程中,被试电源设备的性能允许暂时地降低,但在瞬变过程结束后经过30s工作,应能自行恢复到符合技术条件所需要的正常工作状态。

2. 传导干扰

使电源设备工作在额定条件下,利用电磁干扰测量仪进行测试。

3. 重复脉冲敏感度(亦称尖峰干扰抑制能力)

利用尖峰干扰模拟器进行测试。一般情况下,以1kW负载为测试条件(低于1kW的产品取额定功率),以叠加在输入电源上的电压为500~4000V、宽度为10 μ s的尖峰脉冲进行测试。观察被测电源设备输出端的残余脉冲电压,用对应输入尖峰脉冲的开路电压值(或衰减比)来表示。

4. 电快速瞬变脉冲群(亦称脉冲串)敏感度

利用脉冲群干扰模拟器进行测试,要求脉冲群持续时间为15ms,周期为300ms,脉冲群中的单个脉冲宽度为50ns,脉冲幅值为500~4000V。

5. 电涌(亦称浪涌)敏感度

利用电涌干扰模拟器进行测试,要求电涌波形脉宽50 μ s(上升时间1 μ s),电流波形脉冲宽度16 μ s(上升时间6.4 μ s),脉冲幅度为500~4000V。

一般情况下,上述5项中至少要做第3项(尖峰抑制)测试。

1.2.4 其他指标

1. 安全指标

一般有3个项目:绝缘电阻、耐压、泄漏电流。各项利用专门仪器进行测试。

2. 可靠性指标

用平均无故障时间MTBF(亦称平均故障间隔时间)来表示,它有专门的试验和计算方法。

3. 环境指标

包括温度、湿度、振动、冲击、运输等项目试验。

4. 其他项目指标

包含各种保护、报警显示、监控功能以及过载能力等指标,此外,还有工作海拔高度、外形尺寸及重量等项目的指标要求。