



新型开关电源 实用技术

王英剑 常敏慧 何希才 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

新型开关电源实用技术

王英剑 常敏慧 何希才 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍新型开关电源实用技术,内容包括开关电源发展方向、技术指标和基本电路、开关电源集成控制器,开关电源电路设计,开关电源主控元器件,开关电源的电磁干扰抑制,开关电源新技术,并提供微机、显示器、彩色电视机、录像机等应用的开关电源实例。全书突出新器件、新电路和新技术特点。

本书主要供开关电源设计及维护人员、工程师及大专院校师生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,翻版必究。

书 名: 新型开关电源实用技术

编 著 者: 王英剑 常敏慧 何希才等

责任编辑: 王 晟

特约编辑: 张 岚

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京大中印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.pbei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.25 字数: 435.2 千字

版 次: 1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4973-2
TN·1207

定 价: 26.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

目 录

| | |
|----------------------------|------|
| 第一章 概论..... | (1) |
| 1-1 开关电源发展方向 | (1) |
| 1. 概述..... | (1) |
| 2. 开关电源发展方向..... | (2) |
| 3. 开关电源相关技术的发展..... | (2) |
| 4. 开关电源新产品简介..... | (3) |
| 1-2 开关电源的技术指标 | (6) |
| 1. 概述..... | (6) |
| 2. 电气技术指标..... | (6) |
| 3. 机械结构 | (11) |
| 4. 环境等条件 | (11) |
| 1-3 开关电源的基本电路..... | (11) |
| 1. 开关电源的基本组成 | (11) |
| 2. DC/DC 变换器的基本类型..... | (11) |
| 3. DC/DC 变换器的基本电路与特征..... | (13) |
| 第二章 谐振变换器 | (23) |
| 2-1 谐振变换器的特点 | (23) |
| 1. 概述 | (23) |
| 2. 谐振变换器的原理 | (24) |
| 3. 谐振变换器存在的问题 | (25) |
| 4. 固定开关频率而调整谐振变换器的电压 | (26) |
| 2-2 谐振变换器的基本电路与工作状态 | (27) |
| 1. 概述 | (27) |
| 2. 谐振变换器的电路结构与稳态特性 | (28) |
| 3. 复谐振变换器 | (33) |

| | |
|---|-------------|
| 4. 谐振变换器的动态特性 | (33) |
| 2-3 铁磁谐振开关电源 | (36) |
| 1. 基本电路 | (36) |
| 2. 降低开关损耗 | (36) |
| 3. 铁磁谐振回路的工作原理 | (38) |
| 4. 低损耗的电压稳定电路 | (39) |
| 2-4 部分电压谐振开关电源 | (41) |
| 1. 部分电压谐振变换器特点 | (41) |
| 2. 部分电压谐振变换器工作分析 | (42) |
| 3. 变换器的实用电路 | (44) |
| 第三章 开关电源集成控制器 | (46) |
| 3-1 概述 | (46) |
| 3-2 SG1524/3524/3525A 脉宽调制型开关电源集成控制器 | (46) |
| 1. SG1524/3524 的功能和特点 | (46) |
| 2. SG1524/3524 的工作原理 | (47) |
| 3. SG1524/3524 应用实例 | (48) |
| 4. SG3525A 的工作原理及应用 | (49) |
| 3-3 TL494 开关电源集成控制器 | (52) |
| 1. TL494 的性能与特点 | (52) |
| 2. TL494 工作原理 | (54) |
| 3. TL494 的典型应用 | (54) |
| 3-4 TL1451 脉宽调制型开关电源集成控制器 | (56) |
| 1. TL1451 的特点和性能 | (56) |
| 2. TL1451 工作原理 | (56) |
| 3. TL1451 的典型应用(双路输出的开关稳压电源) | (58) |
| 3-5 MC34060 脉宽调制集成控制器 | (60) |
| 1. MC34060 特性 | (60) |
| 2. 工作原理 | (60) |
| 3. 应用实例 | (61) |
| 3-6 UC3842 脉宽调制集成控制器 | (61) |
| 1. UC3842 特性与工作原理 | (61) |

| | |
|---|-------------|
| 2. 应用实例 | (62) |
| 3-7 UC1840/2840/3840 脉宽调制集成控制器 | (64) |
| 1. 主要技术指标与特征 | (64) |
| 2. 电路结构与工作原理 | (64) |
| 3-8 MC34129/33129 脉宽调制集成控制器 | (66) |
| 1. 主要技术指标与特征 | (66) |
| 2. 电路原理 | (68) |
| 3-9 ML4841 开关电源集成控制器 | (69) |
| 3-10 SI9114 开关电源集成控制器 | (70) |
| 3-11 FA76 系列集成控制器 | (73) |
| 3-12 FA53 系列开关电源集成控制器 | (75) |
| 3-13 准谐振开关电源集成控制器 MC34067 | (76) |
| 3-14 UC1864 脉频调制型开关电源集成控制器 | (79) |
| 1. UC1864 性能特点 | (79) |
| 2. 工作原理 | (79) |
| 3. 开关电源实例 | (81) |
| 第四章 开关电源电路设计 | (83) |
| 4-1 正向激励变换器的设计 | (83) |
| 1. 技术指标 | (83) |
| 2. 工作频率的确定 | (83) |
| 3. 最大导通时间(T_{ONmax})的确定 | (83) |
| 4. 变压器次级输出电压的计算 | (83) |
| 5. 变压器匝比 N 的计算 | (84) |
| 6. 变压器初次级绕组匝数的计算 | (84) |
| 7. 输出滤波器的计算 | (85) |
| 8. 恢复电路设计 | (87) |
| 9. 主开关元件的选用 | (89) |
| 10. 输出二极管的选用 | (91) |
| 11. 吸收电路参数计算 | (92) |

| | |
|--|-------|
| 12. 变压器的参数计算 | (94) |
| 13. 输出扼流圈的计算 | (95) |
| 4-2 RCC 变换器的设计 | (96) |
| 1. RCC 变换器的电路结构 | (96) |
| 2. 技术指标 | (98) |
| 3. 占空比 D 与工作频率 f 的选定 | (98) |
| 4. 输入直流电压 V_1 的计算 | (98) |
| 5. 变压器次级电流峰值 I_{1p} 和匝比 N , 以及初级电感 L_1 的计算 | (98) |
| 6. 磁芯的选用以及匝数 N_1 、 N_2 和 N_3 的确定 | (99) |
| 7. 变压器的设计 | (100) |
| 8. 开关晶体管 VT_1 的选用 | (102) |
| 9. 输出二极管 VD_2 的选用 | (104) |
| 10. 输出电容 C_2 与 C_3 的选用 | (105) |
| 11. 控制电路的设计 | (105) |
| 4-3 通/断方式变换器的设计 | (106) |
| 1. 通/断方式变换器的基本电路 | (106) |
| 2. 技术指标 | (107) |
| 3. 占空比 D , 频率 f 和输入直流电压的确定 | (107) |
| 4. 初级电流 I_{1p} , 匝比 N_{12} 和电感 L_1 的计算 | (108) |
| 5. 磁芯的选用 | (108) |
| 6. 变压器的设计 | (109) |
| 7. 功率 MOSFET 的选用 | (109) |
| 4-4 斩波式变换器的设计 | (110) |
| 1. 斩波式变换器的电路结构 | (110) |
| 2. 斩波式变换器的电路设计 | (113) |
| 4-5 电流谐振变换器的设计 | (115) |
| 1. 电路结构 | (115) |
| 2. 变换器设计方法 | (115) |
| 3. 电流谐振变换器有待解决的问题 | (118) |
| 4-6 电压谐振变换器的设计 | (119) |
| 1. 概述 | (119) |
| 2. 设计方法 | (120) |
| 4-7 开关电源输入回路的设计 | (122) |
| 1. 输入回路的设计 | (122) |

| | |
|------------------------------------|-------|
| 2. 冲击电流抑制回路的设计····· | (125) |
| 3. 输入滤波回路的设计····· | (125) |
| 4-8 开关电源的保护电路 ····· | (126) |
| 1. 过电流保护电路····· | (126) |
| 2. 过电压保护电路····· | (129) |
| 第五章 开关电源主控元器件 ····· | (131) |
| 5-1 二极管 ····· | (131) |
| 5-2 功率晶体管 ····· | (132) |
| 1. 功率晶体管的结构与特性····· | (132) |
| 2. 功率晶体管驱动电路的设计····· | (135) |
| 3. 功率晶体管的保护····· | (140) |
| 5-3 功率 MOS 场效应晶体管 ····· | (142) |
| 1. 功率 MOSFET 的结构与特性····· | (142) |
| 2. 功率 MOSFET 应用技术····· | (144) |
| 3. 功率 MOSFET 的保护电路····· | (148) |
| 4. 功率晶体管与功率 MOSFET 之比较····· | (150) |
| 5-4 绝缘栅双极晶体管 ····· | (151) |
| 1. 绝缘栅双极晶体管结构与特性····· | (151) |
| 2. 绝缘栅双极晶体管的栅极控制技术····· | (154) |
| 3. 绝缘栅双极晶体管的应用技术····· | (158) |
| 5-5 开关电源中使用的厚膜电路 ····· | (161) |
| 1. 概述····· | (161) |
| 2. 开关电源使用的厚膜电路····· | (163) |
| 5-6 开关电源中使用的电容器 ····· | (171) |
| 1. 陶瓷电容器····· | (171) |
| 2. 薄膜电容器····· | (174) |
| 3. 铝电解电容器····· | (175) |
| 第六章 开关电源的电磁干扰和射频干扰的抑制 ····· | (177) |

| | |
|---------------------------------|--------------|
| 6-1 概述 | (177) |
| 6-2 辐射与传导噪声的测量 | (177) |
| 1. 概述 | (177) |
| 2. 传导噪声的测量 | (178) |
| 3. 辐射噪声的测量 | (181) |
| 4. 吸收箝位法 | (185) |
| 6-3 EMI 抑制所用元器件 | (186) |
| 1. L、C 元器件及其使用效果 | (186) |
| 2. 150kHz~10MHz 频率范围的噪声抑制 | (188) |
| 3. 10MHz 以上频率范围的噪声抑制 | (188) |
| 4. 噪声抑制扼流圈中使用的材料及其特性 | (190) |
| 5. 辐射噪声的抑制 | (190) |
| 6-4 EMI 抑制用滤波器及其使用方法 | (194) |
| 1. 噪声与纹波发生的原因 | (194) |
| 2. 噪声形态与滤波器结构 | (194) |
| 3. 噪声抑制遇到的问题及其解决方法 | (200) |
| 6-5 荧光灯的高次谐波的抑制 | (206) |
| 1. 概述 | (206) |
| 2. 高次谐波抑制的实用电路 | (208) |
| 3. 新型电子镇流器电路 | (210) |
| 第七章 开关电源实例 | (217) |
| 7-1 微型计算机开关电源 | (217) |
| 7-2 显示器开关电源 | (221) |
| 7-3 打印机开关电源 | (223) |
| 7-4 传真机开关电源 | (227) |
| 7-5 彩色电视机开关电源 | (228) |
| 第八章 开关电源新技术 | (232) |

| | |
|----------------------------|-------|
| 8-1 高频脉冲整流电路 | (232) |
| 1. 工作原理..... | (232) |
| 2. 基本原理..... | (232) |
| 3. 开关电源中应用电路实例..... | (235) |
| 8-2 谐振变换器 | (237) |
| 1. 概述..... | (237) |
| 2. 宽输入电压范围的开关电源..... | (238) |
| 3. 适用于大功率的电路..... | (240) |
| 8-3 高功率因数变换器 | (245) |
| 1. 概述..... | (245) |
| 2. 高功率因数变换器..... | (247) |
| 8-4 高效率变换器 | (250) |
| 1. 工作原理..... | (250) |
| 2. 有待解决的技术问题..... | (253) |
| 8-5 部分升压式变换器 | (254) |
| 1. 概述..... | (254) |
| 2. 应用电路..... | (254) |
| 3. 实验电路..... | (256) |
| 8-6 自励电流谐振变换器 | (257) |
| 1. 自励电流谐振变换器..... | (257) |
| 2. 驱动电路..... | (259) |
| 8-7 新型开关电源电路 | (260) |
| 1. 彩色电视机新型开关电源电路..... | (260) |
| 2. 录像机新型开关电源电路..... | (261) |

第一章 概 论

1-1 开关电源发展方向

1. 概述

开关电源体积小、重量轻、变换效率高,因此,广泛地应用于计算机、通信设备、控制装置及家用电器等电子设备中,其应用范围如表 1-1 所示。目前,各国正在努力开发新器件、新材料以及改进装连方法,进一步提高效率、缩小体积、降低价格,以解决开关电源面临的新课题,即环境适配性,包括噪声与谐波等的电磁适配性,同人类之间的安全适配性等。

近期要解决的问题:①实现 PWM 的软开关;②有源滤波器中采用谐振开关及软开关技术,效率提高到 90%以上;③逆变器中采用谐振开关及软开关技术;④谐振及软开关中的浪涌分析;⑤采用高频同步整流技术;⑥用于模拟传导噪声的变换器电路的模拟实验;⑦包含有热回路的变换器电路的分析与 CAD;⑧MHz 级开关中功率开关的智能化;⑨使变压器、电抗器体积最小的开关频率的确定;⑩采用薄膜技术使 3mm 以下的薄形变压器实用化;⑪超薄非晶形磁芯(微米数量级)的高频特性分析,并用于噪声滤波器;⑫磁性部件的屏蔽与辐射噪声抑制方法的确定;⑬开发用于交流大电流的低损耗电容器;⑭高耐压而大容量的平滑电容器的微型化、平板化以及长寿命化。

将来要解决的问题:①单片电源的实现;②辐射噪声的模型化;③蓄积电荷,正向压降低的高耐压二极管的开发成功;④高温超导体用于变换器;⑤采用光进行功率的传送与变换。

开关电源主要分为交流/直流(AC/DC)与直流/直流(DC/DC)两大类,用以提供±5V、±12V等直流电源。无论是 AC/DC 还是 DC/DC 变换器都是朝着模块化方向发展,其特点是:可用模块电源组成分布式电源系统;可以设计成 N+1 冗余电源系统,从而提高可靠性;可以做成插入式,实现热更换,从而在运行中出现故障时,可以高速更换模块件,无需技术熟练工人;还可以在电源系统建成后,根据发展需要不断扩充容量;多台模块并联可实现大功率电源系统等。

表 1-1 开关电源应用范围

| | | |
|-----------------------------|--------|--|
| 工业 电 子 设 备 | 信息设备 | 计算机包括 CPU 和数据存储设备 |
| | 通信设备 | 有线和无线通信设备、交换机、传真机、广播设备、汽车电话 |
| | 办公设备 | 个人计算机、复印机、打印机 |
| | 控制设备 | 工厂自动化系统、机器人、数控设备、电力控制器、空调器、自动售货机、ATM 机 |
| | 电子测量仪器 | 示波器、振荡器 |
| | 其他设备 | 医疗和汽车设备、检测设备 |
| 消费 类 电 子 设 备 | 视频设备 | TV、VCR、游戏机 |
| | 音频设备 | DVD 播放机、立体音响设备、电子设备 |
| | 其他设备 | 民用和家电设备、电源附件 |

2. 开关电源发展方向

1) 输入电压通用

AC/DC 开关电源的输入电压要广泛适应世界各国电网的电压规格,例如,交流 80~264V,DC/DC 开关电源要以电池作为后备输入电源。

2) 扩大输出电压范围

AC/DC 开关电源用于工作站和个人电脑时要求增加 3.3V 输出电压这一档,DC/DC 开关电源要求低达 1.8V 的输出电压,这样对整流二极管要求非常严格。

在 3.3V 的开关电源中,肖特基势垒二极管的损耗占到整机损耗的 50%,成为提高效率的主要因素。为此,最近开始采用同步整流电路,利用 MOSFET 的开关特性和导通时的电阻特性,以求降低整流电路的损耗。MOSFET 导通电阻在 $10\text{m}\Omega$ 以下的产品已经有许多家公司开发成功,采用这种产品时,其输出电流为 10A,电压降也只有 0.1V,如果再将 MOS FET 并联连接,则有可能大幅度降低电路损耗。

3) 提高输入侧功率因数

AC/DC 开关电源输入侧有整流、电容平波电路,使其输入电流波形呈尖脉冲状,功率因数只有 0.65,这样就影响整机的效率。改善输入侧功率因数最有效方法是加一级有源功率因数校正器 APFC,可使功率因数提高到接近于 1。美国 Unitrode IC 公司已开发成功 UC3854 等 APFC 的控制用集成电路。

4) 要求附加备用电池

到 1997 年开关电源产量中 25% 要求附加备用电池。

5) 普遍要求安全,具有过压保护功能以及抗电磁干扰等

6) 分布式结构增多,高频化和高功率密度化,高可靠性以及低噪声

3. 开关电源相关技术的发展

1) SMT 及自动化生产技术的应用,专用控制集成电路的发展

SMT 技术的采用可使开关电源做到轻、小、薄。一台开关电源至少需要 PWM、功率因数校正、反馈控制隔离等三种专用集成电路。此外,还应有驱动电路,均流控制电路等 IC。各个集成电路生产厂家配套开发与生产一系列新型集成电路,例如,功率因数校正控制电路,软开关变换器的控制电路,均流控制电路,电流反馈控制电路,其他新型高性能控制集成电路等。

2) 软开关技术

为使开关电源轻、小、薄,发展趋势是高频化。而高频化使传统的 PWM 开关功耗加大、效率降低、噪声增加。因此,实现零电压导通、零电流关断的软开关技术将成为开关电源产品未来的主流。美国 VICOR 开关电源公司设计制造的多种 ZCS 软开关 DC/DC 变换器系列,已经商

品化。加拿大北方电信公司已经开发了全桥软开关 PWM 通信用一次电源。

3) 电源系统的管理、控制

应用微处理机集中控制与管理,可以及时反应开关电源环境的各种变化,中央处理系统实现智能控制,可以自动诊断故障,减少维护工作量,以保证正常运行。利用微机监控还可实现各电源模块间的通信联系。

4) CAD 技术

利用 CAD 设计开关电源系统,做稳定性分析、电路仿真、印制电路板设计、热传导分析、EMI(电磁干扰)分析及可靠性预估等。例如,美国 Unitrode 公司的开关电源的分析和设计采用了 SPICE 电路通用仿真软件,统计法和最优设计方法,收到良好效果。

5) 高次谐波的抑制

开关电源的高次谐波的抑制采用以下方式:其一,利用无源滤波器,这种方式就是在输入侧附加扼流圈,抑制高次谐波电流失真。优点是元件数量少,不需要有源元件,可靠性高,成本低。但有体积较大的缺点。适用于输出功率达 150W 电源设备的噪声滤波器已有市售,这种噪声滤波器是一种组合正态电感器和共态电感器,并且有抑制电源高次谐波电流和抑制 EMI 两项功能。

其二,利用有源滤波器,这种电路方式基本上是所谓的双变换器方式,即利用前级的升降压斩波器,对将输入电流波形正弦波化的功率因数进行改善控制,利用后级的 DC/DC 变换器进行直流输出的稳定化控制。

其三,简化电路的方式,这种方式主要有部分平波方式,倍压整流方式以及采用正弦波谐振方式的谐振型开关电源,从而抑制高次谐波。

4. 开关电源新产品简介

1) 开关电源 IC

设计人员可以使用 Power Integrations 公司的 TOP210 开关电源 IC 设计出小功率通用电源,它具有开关稳压器的所有优点。由于它在尺寸、重量和效率等方面都具有优势,因而非常适用于小型便携式产品的电源。

2) 可现场配置的开关电源

第一个可现场配置的开关电源是 Digital power 公司的 US750,可由增值代理(VAR)组装后销售,VAR 可迅速增加功能块,以满足最终用户的需要。该电源可容纳 4 个 25~300W 的输出模块,输出电压为 2.2~24V。各种模块可以方便地并联在一起,以获得较大的输出电流或 N+1 冗余度。

3) 小型开关电源

小型开关电源有 Computer Products 公司的 ALP40 型 40W 开关电源,其输入电压范围为交流 90~264V,它备有单输出、双输出和三输出等类型。

4) 宽输入电压范围开关电源

宽输入电压范围开关电源有 CondorD, C, Power Supplies 公司的 GLC40 40W 开关电源, 输入交流电压为 90~264V, 具有过压保护功能。

5) 集成开关稳压器

Power Trends 公司的集成开关稳压器 (ISR) 可将 +5V 转换成 $\pm 12V$ 或 $\pm 15V$ 。PT5000 (正-负) 和 PT5040 (增压) ISR 便于在模拟和通信电路提供正负电压总线。PT5020 是正输入/负输出变换器, 可接受 4.5~7V 输入。开关频率为 1MHz。输出电压为 -3V, -5V, -9V, -12V 和 -15V, 输出电流高达 1A。PT5040 ISR 可接受 4.5~11V 输入, 输出电压为 $\pm 2V$ 和 $\pm 15V$, 输出电流为 1A。

6) 微处理机用稳压器模块

Astec America 公司推出的稳压器模块, 可用来满足 Intel 的 PentiumPro 微处理机的高 di/dt 的需求。AA32A VRM DC/DC 变换器可从 12V 电源总线或 12V 和 5V 电源总线中取得输入功率。

7) 电源分配系统

Pulizzi Engineering 公司的 Z 系列 TPC12/MTD 电源分配系统可对电源启动提供多达 12 个自动排序时间延迟。这就使系统能按预定的顺序通电, 以切断高启动电流。该装置还可阻止大功率设备所产生的瞬时功率下降现象。其他特性包括 EMI/RFI 高频噪声滤波、尖峰/浪涌保护、遥控和应急电源切断。

8) 单输出 AC/DC 电源

Melcher 公司的 VSR 系列单输出 AC/DC 电源可提供 20、30、170 和 330W 功率。它可在 -25°C~71°C 环境温度下工作, 而不会降低性能。输入电压范围为交流 85~264V, 直流为 230~330V。其他特性包括有源电流共享、电源故障信号、传感线、远程通/断、输出过压监控器和输出电压电位计。

9) 机载 DC/AC 逆变器

Trannsis tor Devices 公司的 MS17404 型 2500VA 固定 DC/AC 逆变器具有优异的正弦输出, 总谐波失真不到 1%, 可靠性超过 50000 小时。

10) 电池充电器

Semtech 公司的 SC1766 快速电池充电器控制器 IC 可用来控制移动电话、通信设备和视频设备用电池的快速充电。并能在几秒钟内对充电电池进行测试, 快速而随时对 10 节镍镉电池进行充电。

Benchmark Microelectronics 公司的 bg2902 快速充电 IC 可对 2 节可充电碱电池进行经济有效的管理。它提供三种可选择的放电终止电压, 并有内部放电和充电控制 FET。它管理 2 节 AAA, AA, C 或 D 尺寸电池。

11) DC/DC 变换器

Lambda Electronics 公司的 RM 系列 DC/DC 变换器不需要散热器, 在 5V/100W 时的效率可达到 90%, 内置的启动功率限制和集成的 EMI 滤波功能, 不需要外部元器件就能满足热插入需要。应用领域包括宽带分配、异步传输模式交换机、LAV 以及多媒体系统等。

Calex Mfg. 公司的 CS 系列 30W DC/DC 变换器可提供 5V/12V 输出, 可供标准 5V 微处理机和 12V 标准硬盘或 CD ROM 驱动器应用。

Datel 公司的 UNR 系列 DC/DC 变换器用于最新 3.3V 微处理机的电源, 可从该系统的 5V 电源总线中导出 3.3V, 效率高达 90%。该变换器的输出有 3A、8A 和 12A。可满足台式 PC 机, 大型客户机服务器和大规模并行处理巨型机中的 3.3V Pentium, A/Pha 和 Power PC 芯片的应用需要。

Analog Devices 公司的 AD DC02805S 高密度 DC/DC 变换器具有板上 EMI 滤波, 输入瞬变保护和很多系统功能。该变换器的板上滤波满足 MIL STD-461D、CF102 要求, 只需少量小型外部元器件。在很宽的输入电压范围(直流 16~50V)内, 可保证连续输出功率达到 100W。应用范围包括地面军用车辆, C3 系统升级和机载分布电源系统。

Power General 公司的三种稳定输出的 DC/DC 变换器, 在 12V, 24V, 36V 和 48V 的 4 种输入电压范围内, 具有 5V 和 $\pm 12V$ 或 5V 和 $\pm 15V$ 的三种输出电压。特性包括 EMI 抑制用的 π 输入滤波器; 1500V 输入/输出隔离; 短路、过压和反向电压的保护; 远程负载检测; 远程短路和远程输出调节。

Conversion Devices 公司的双输出 1W DC/DC 变换器采用内置的超小型单列直插式封装, 该系列共有几个型号, 输入总线电压为直流 5V, 12V 和 24V, 输出直流电压为 $\pm 5V$, $\pm 9V$, $\pm 12V$ 或 $\pm 15V$ 。特性包括 1000V 直流输入/输出隔离, 高效率, 输出电压精度为 $\pm 3\%$ 。

International Power Sources 公司的 HA 系列 DC/DC 变换器具有单、双、三和四隔离输出。它可提供三个 2:1 直流输入电压范围, 即 9~18V, 18~36V 和 36~72V。标准特性包括 6 端屏蔽, 外部输出微调, 远程禁止和远程检测。

Lambda Novatronics 公司的 NDI 系列 AC/DC 和 DC/DC 变换器具有 4 个输入型号, 即三相交流输入(47~440Hz), 单相交流输入(47~440Hz) 以及 270V 和 28V 直流输入。标准输出直流电压为 5V, 28V, 48V, 155V 和 270V。特性包括 N+1 并联操作的有源电流共享电路, 输出过流和过压保护, 全输入/输出隔离, 同步、优异的动态负载响应和 50000 小时平均故障间隔时间。

Conversion Devices 公司的 3000W SR 系列 DC/DC 变换器专门用于 3.3V 直流元器件的场合, 可完成 5V 直流电源变换为 3.3V 的工作, 可在 4.75~12V 直流或 6~10V 直流这样一个很宽的 3:1 输入电压范围工作, 提供 3.3V 或 5V 的稳压输出, 效率为 96%, 负载调整率为 $\pm 0.5\%$ 。其他特性包括连续短路保护以及输出过电压保护。

Interpoint 公司的 MHP270 系列 DC/DC 变换器具有增强的最大并联输出功率能力。单一变换器可提供 65W 输出功率, 而把 5 个变换器并联在一起, 则可使输出达到 300W。在所有负载条件下, 并联变换器的电流共享精度为 90%, 该系列不需要采用主从配置, 并提供 N+1 冗余, 以获得更高的系统可靠性。它可提供 160~400V 直流的连续输入电压范围。

1-2 开关电源的技术指标

1. 概述

作为电子设备电源的要求是轻、薄、小和省电,而开关电源具有这些特点,因此,它在电子设备中应用越来越广泛。但电源的要求随电子设备不同而异,都有不同的技术指标。作为开关电源的技术指标有通用事项,包括电源名称、适用规格等,首先是安全规格,有关开关电源各国都有相应的安全规格,例如,国际规格为 IEC950、IEC65;亚洲为电气用品管理法(日本);欧洲统一规格为 EN60-950、EN60065,其中北欧的 VDE(德国),BSI(英国),NEMKO(挪威),SEMKO(瑞典),DEMKO(丹麦),SEV(瑞士);南欧的 CEI(意大利),IRATR(西班牙);北美的 UL1950(美国),CSA950(加拿大)。有关 EMI 的规格,日本为 VCCI 1 类,2 类;美国为 FC-CP15J A 类,B 类;德国为 VDE0871 A 类,B 类;国际上为 CISPR Pub11, Pub12。电气技术指标有输入与输出条件、附属功能等。机械结构为外形、安装和冷却条件等。环境条件有温度、湿度、振动和冲击等。其他条件有噪声规定、可靠性等。

2. 电气技术指标

1) 输入技术指标

作为开关电源的输入技术指标有输入电源相数、额定输入电压及电压的变化范围、频率、输入电流等。输入电源一般为单相 2 线制和 3 相 3 线制,还有单相 3 线制及 3 相 4 线制等。输入电源的额定电压因各国或地区不同而异,例如:美国规定的交流输入电源电压为 120V,欧洲为 220V~240V,日本为 100V 及 200V,我国为 220V 及 380V。输入电压的变化范围一般为 $\pm 10\%$,加上配线路径及各国的具体情况,输入电压的变化范围多为 $-15\% \sim +10\%$ 。

开关电源的输入几乎都是用电容进行平波的电容输入方式,因此,有高次谐波失真带来的电压尖峰的问题,但通常在正弦波的情况下保证上述给定的指标。3 相输入时虽有相电压的不平衡,但规定在输入电压的变化范围之内。

工频频率为 50Hz 或 60Hz,在频率变化范围不影响开关电源的特性时多半为 48Hz~63Hz。还有船舶用的特殊电源频率为 400Hz,但因输入电容滤波器的电容电流及输入整流二极管的损耗增加等,降低了效率,若考虑要满足 EMI 的规定,可以采取减小此影响。

开关电源最大输入电流是表示输入电压为下限值时,输出电压及电流为上限值时的输入电流。额定输入电流是在输入电压及输出电压、电流为额定时的电流。开关电源的输入平波方式是电容输入方式,有较大的峰值电流,要有考虑电流的波峰系数(最大值/有效值之比,通常为 3.5)以及功率因数的规定。

输入电压瞬时跌落或瞬时断电时,在额定输出电压与电流条件下规定的输入电压是额定输入电压。瞬时断电有 10ms 与 20ms,若使用时按规定瞬时断电,多数情况下不会有问题。在输入的下限,输出保持时间变得很短,但 100% 输出时,在较低额定输入条件下,使用上问题也不大。

在规定的间隔对输入电压进行通断时,输入电流达到稳定状态之前流经的最大瞬时电流为冲击电流。对于开关电源是输入电源接通时与其后输出电压上升时流经的电流,这由输入开关的承受能力所限,峰值电流一般为 30A 到 50A。

一般情况下,当输入电源跌落与瞬时断电时,防止冲击电流的功能不能动作。另外,用热敏电阻只能防止冷启动时的冲击电流,由于每隔几十秒通断时防止功能不能动作,因此,也要规定通断的重复时间。

漏电流是流经输入侧地线的电流,从安全考虑一般规定为 $0.5\text{mA}\sim 1\text{mA}$ 。

效率是指输入输出为额定值时,其输出功率与输入有效功率之比值。效率随输出电压、电流与输出路数及开关方式不同而异,多为 $70\%\sim 80\%$ 。并随输入与输出的条件而变化,因此,要注意电子设备的散热条件等。

2) 输出技术指标

输出端的直流电压的公称值称为额定输出电压,对于其公称电压规定有精度与纹波系数等。

额定输出电流是指输出端供给负载的最大平均电流。根据电子设备的不同,多路输出电源中某路输出电流增大,另路输出电流就得减小,保持总的输出电流不变。市售的开关电源产品为其使用通用性,多是在初级侧允许功率范围以内,增大次级侧各路输出功率。

稳压精度也称为输出电压精度或电压调整率,输出电压变动有多种原因。例如:

①静态输入电压的变动,这是指在其他指标为额定情况时,在规定的范围内输入电压缓慢变动时输出电压的变动。

②静态负载的变动,这是指其他指标为额定条件下,输出电流在规定的范围内缓慢变动时的输出电压的变动。在规定负载变动范围,由于多路输出的条件有非稳定输出的情况,包括规定最低负载电流。最低负载电流以下的规定精度一般是指保护功能不动作的范围内的情况。另外,对于多路输出的电源,电路方式的不同也会受到其他输出负载变动的影晌。

③环境温度的变动,这是指在规定的温度范围内,其他指标为额定值时输出电压的变动。

④初始特性的变动,这是指输入输出为额定值时,接入输入电源之后到规定时间时输出电压的变动,多为接入输入电源后30分钟时的值。

⑤经时特性的变动,这是指输入输出为额定值时,接入输入电源后的规定时间到下一次规定时间时输出电压的变动,也称为长时间特性的变动,一般多为接入输入电源后30分钟到8小时的值。

⑥动态输入电压的变动,这是指以规定的变化幅度输入电压急剧变化时输出电压的变动,一般是把输入电压的上限与额定输入电压以及额定输入电压与输入电压的下限作为变动幅度。动态输入电压变动时输出电压恢复时间的一般规定实例如图1-1所示。

⑦动态负载的变动,这是指规定的变化幅度,输出电流急剧变化时输出电压的变动,后述的脉冲负载的规定等情况除外。图1-2表示出动态负载变动规定实例,输出电流的上升与下降时,动态负载变动一般规定为额定电流的 20% 与 50% ,根据负载的不同,也有规定为额定电流的 10% 以下的情况。

输出电压可调范围是指在保证电压稳定精度条件下,由外部可能调整的输出电压范围,一般为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$ 。条件是输入电压的下限时输出电压的最大值,以及输入电压的上限时输出电压的最小值。

若由电子设备的结构决定负载电流时,输出电流的变动范围则是电流变动较小的负载、感性负载等冲击电流较大的脉冲式负载的电流变动范围。图1-3为脉冲输出电流波形实例,图中表示出峰值与时间的关系。开关电源的恢复时间随变换频率与电流变动幅度等不同而异,按图