

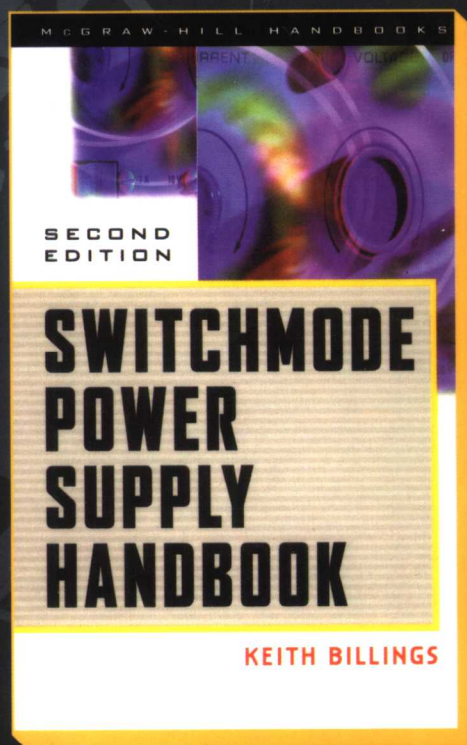
开关电源手册

(第2版)

Switchmode Power Supply Handbook (Second Edition)

Keith Billings 著

张占松 汪仁煌 谢丽萍 译



TURING

图灵电子与电气工程丛书

开关电源手册

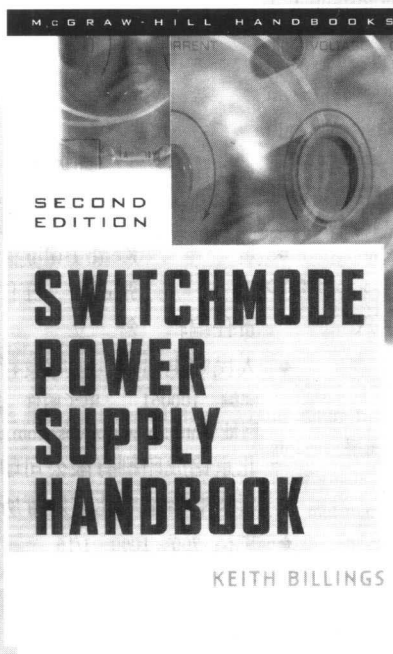
(第2版)

Switchmode Power Supply Handbook

(Second Edition)

Keith Billings 著

张占松 汪仁煌 谢丽萍 译



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

开关电源手册/比林斯著;张占松,汪仁煌,谢丽萍译. —北京:人民邮电出版社,2006.12
(图灵电子与电气工程丛书)

ISBN 7-115-15340-X

I. 开... II. ①比...②张...③汪...④谢... III. 开关电源—技术手册 IV. TN86-62
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 118446 号

内 容 提 要

本书是介绍开关电源技术的实用指导手册。全书共分四部分,65章。书中主要内容包括:常用离线开关电源的功能与基本要求、设计原理与实践、实用设计和交流功率因数校正等。本书叙述简洁,提供了大量的线路图和波形图,并给出了不多见的诺模图,方便读者分析和设计。

本书适用于开关电源的专业设计人员和研究人员,也适用于电类学生、初级工程师和感兴趣的非专业人士。

图灵电子与电气工程丛书 开关电源手册 (第2版)

-
- ◆ 著 Keith Billings
 - 译 张占松 汪仁煌 谢丽萍
 - 责任编辑 舒立
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 700 × 1000 1/16
印张: 39.5
字数: 864千字 2006年12月第1版
印数: 1-5000册 2006年12月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2006-0311 号

ISBN 7-115-15340-X/TN · 2872

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010)67129223

译者序

随着我国信息化战略计划的制定、国家现代化工业化进程和整体国民经济的发展,电力电子研究应用类学科肩负了新的使命,开关电源有了广阔的发展空间。在这种形势下,人民邮电出版社经过调查,将 Keith H. Billings 先生所著《开关电源手册》引进国内,这无疑是适时之举。译者受托翻译,深感荣幸。

细读原书就会感觉到该书有很多特点。例如,系统完整、结构严谨、与工程应用结合紧密。该书反映出作者的实际经验,作者用大量的诺模图说明各变量之间的关系,简单实用;用分立的元件线路说明原理,使读者能够更加容易地了解物理本质;对繁琐问题不用公式推导,直接进入使用,这样解决问题显得事半功倍。因此,可以说这本书填补了我国开关电源应用上的某些不足,减少了使用公式设计带来的不便,对深入应用开关电源有推动作用。

承担这次翻译的工作人员是广东工业大学的张占松、汪仁煌、谢丽萍。其中,汪仁煌翻译第一部分、第三部分的第 10 章~第 16 章、第四部分、附录 1. A、电源常用术语;谢丽萍翻译第二部分;张占松翻译第三部分的第 1 章~第 9 章以及其他编译工作。另外,广东工业大学自动化学院研究生龚雄文、谭义、周玉、高延增、余章平¹也参与了一些前期工作。

本书中的输入电源为 110V、60Hz,与我国的输入电源 220V、50Hz 有较大差别。根据国家规定,用物理量符号作为下标时,下标用斜体,其他下标为正体。为图文一致,本书沿用原版书中的书写方式。本书图中的 SI 词头中的 k 大部分用了 K。这几点,请读者在阅读时特别注意。

由于译者水平所限,加之时间比较紧迫,因此在翻译过程中的遣词造句上难免会有不足之处。对于未见过的英文专业词汇或概念,译者均根据自己的理解而订出,是否妥善,有待同行认可。总之,希望广大读者多提宝贵意见。

译者

2006 年 6 月

1. 具体分工为:龚雄文(第一部分的第 1 章~第 10 章);谭义(第一部分的第 11 章~第 24 章);周玉(第三部分的第 10 章~第 16 章);高延增(第四部分、附录 1. A、电源常用术语);余章平(第三部分的第 1 章~第 9 章)。——译者注

前 言

在过去的 30 多年里，作者一直在设计线性和开关型电源，其间不断有呼声要求出版一本这方面的通用手册，于是作者编写了本书。本手册实用性强，通俗易懂，包含了当今许多常用的技术，同时也介绍了最新的发展动态。

本手册特意采用了一种易于接受、非学术性、将简单理论和数学分析相结合的编写风格（作者也呼吁专家同行们为了简单起见抛弃完整严格的方式）。因此本书不仅得到专业电源工程师的肯定，也受到包括学生、初级工程师和感兴趣的非专业使用者在内的广大读者的青睐。本书所涵盖的范围，从简单的系统原理（包括对典型系统和参数性能的说明）到最终的元器件、热阻和电路的设计及计算。

作者将以往学生和初级工程师在学习此门课程中最为关心的问题进行了综合，并根据自己在处理这些问题中累积的经验，通过一些简单易懂的设计实例对该主题进行了最为直接的讨论，本书所列举的例子不需读者事先具备相关的知识。尤其是在对绕线元件的处理上，由于绕线元件直接关系到系统的性能，但是读者对此知之甚少，所以本书对绕线元件的设计进行了全面覆盖。

为了简化设计，在很多情况下使用了诺模图，其中很多方法是由作者本人在使用诺模图时发展出来的。一些更深层次的理论包含在附录中，想进一步深入了解的读者可以查阅附录和书后参考文献里所列的一些优秀的专业图书和论文。

在过去的 20 多年中，开关电源应用设计从最初的被人们所忽视的“秘技”发展成了一门精确的工程科学。电子元件缩微化和太空探索的迅猛发展使得对小而高效的电源处理设备的需求不断增加。最近几年这种需求已经引起了全球许多电子工程师的关注。由于更深入的研究和发展，现在已经出现了很多新的创新，拓扑也随之愈加复杂。

到目前为止，还没有哪个单一的“理想系统”能满足所有的需要。每一种拓扑都会有相应的优缺点，对于一些特殊的应用，为了确定其最优的方法，电源设计者的技能和经验仍需要与最合适的拓扑结构的规格需求相匹配。

现代开关电源在更复杂的处理系统中只占一个相当小的部分，因此，除了提供电器元件所必需的电压和电流外，开关电源还提供了其他一些辅助的功能，例如电源良好信号（显示当前输出均在其指定的范围内）、电源故障报警信号（提供高级的电源故障报警）和温度过高时的保护功能（当系统温度过高时，此功能将会停止系统的工作进程以避免造成损坏）。此外，开关电源能根据外部 TTL 信号进行开关转换。限压和限流电路将会保护电源，使其避免在故障条件下工作。对于敏感负载要使用过压保护，在某些特殊的应用中，要使开关频率与外部时钟频率同步。因此，电源设计人员必须理解并满足许多相关的要求。

为了更加有效地利用或规定一个现代电源处理系统，用户应熟悉一些可用方法

的优缺点。根据这些信息，系统工程师规定电源的规格要求，以便设计出能满足要求而且最具经济效益和可靠性的系统。通常，规定中的一个很小的变化或者电源分配系统的重新安排，都会使得电源设计者设计出更可靠和更经济的系统来满足用户的需求，因此为了得到最经济、最可靠的设计方案，电源系统的规格要求应由电源设计人员和用户相互交流共同规定。

很多情况下，电源规格要求中有一些生硬的且通常是人为规定的适用范围和使用局限性。这些不切实际的规定导致过于严格死板的规格和随之而来的设计过于复杂的电源。这样会陆续带来高成本、高复杂性和低可靠性等一系列问题。用户要甩开这些不切实际的规格，真正理解开关电源的优缺点，那么在依照电源要求去规定和获取可靠性强、经济效益高的解决方案时将会更加得心应手。

本书分为如下4个部分。

第一部分“常用离线开关电源的功能和基本要求”简明地讨论了对于直接工作在交流电源上的任何电源现在已经普遍需要满足的要求。详细介绍了一些常用方法的具体内容，结合典型的应用实例重点强调了这些方法各自的优缺点。

第二部分“设计：理论与实践”涉及在一些著名转换电路中对功率器件以及变压器设计的选用问题。主要为了帮助工程师在最短时间内、高效地对传统原型进行研究。本部分所提供的例子、信息和设计理论通俗易懂，读者在掌握本部分内容后，就具有了对更实用的开关电源进行初始设计的能力。然而，如果想达到真正的最优设计，读者还必须要掌握第三部分中更多的专业知识以及书后参考文献中的相关知识。

第三部分“应用设计”主要针对开关系统更通用的工程设计要求，例如变压器设计、扼流圈设计、输入滤波器、射频干扰控制、缓冲器及热设计等等。

第四部分“补充内容”主要考察系统中有功功率因数的校正问题。供电行业越来越关注由未校正的电器设备（尤其是荧光照明用镇流器）所带来的不断增加的谐波分量。有功功率因数的校正对于电源设计者来说是一项比较新的任务。由于boost拓扑结构的动态特性和它在高、低频率上的要求，其波形很难显示，且设计功率电感也是相当困难的一项任务。这部分有助于读者消除这一领域的神秘感。

在绝大多数的开关电源里，绕线元件控制着整个系统的效率和性质。如果输入输出绕组耦合较好且其漏电感较小，那么开关元件的工作效率就较高。因此在设计电源时，电源设计者应该注意对绕线元件的控制，还需要相当多的知识和技巧去解决在实际工程方面的问题。所以作者集中地论述了绕线元件，且提供了许多可行的例子。如果想在这一关键性领域里有所作为，读者应该参考第三部分中所罗列的较为严格的变压器设计方法和书后参考文献中的相关知识。

由于最近几年这门学科的迅猛发展，本书难以涵盖所有的内容。希望本书至少可以部分满足人们对开关电源领域通用手册的需求。

致谢

没有人是孤立存在的。我们的进步不仅仅是自己努力的结果，也是我们利用周围人的成果和站在前人肩上的结果。为此本书中列出了许多参考文献，我要感谢它

们的作者，在这里，我要强调的是还有许许多多的参考文献应该列举出来，由于查询知识点的出处确实是一件艰巨的工作，因此，作者对这里的遗漏表示歉意。

我要感谢对本书做出贡献的人员，首先要特别提到的是我以前工程上的同事和朋友 Rodney Weaving，他不仅仅花费了数百小时的时间用以核对原始手稿和计算，并且提出了很多宝贵的意见。没有他的认可，我是没有足够的勇气来出版这本书的。这里还要感谢 Betty Magee，她将我的口述录入计算机以便进行进一步的文档处理。还有加拿大的 Hammond 制造公司，它无私地提供了示例元件，并给予我们鼓励。感谢 Bloom 公司的董事长 Gordon (Ed) Bloom 先生，他提出了有益的建议。感谢 Lloyd H. Dixon, Jr., 他允许我们使用他在“右半平面零点”方面的研究成果。还有 McGraw-Hill 公司的编辑和员工，感谢他们专业化的协助。最后，感谢加拿大 Douglas J. Donald 公司的 Line Donald，她制作了 300 多张插图和表格。正是她的专业技能使本书增色不少。

本手册使用的单位、符号、量纲及缩略语

单位、符号和量纲

本书使用的单位和符号一般都与国际单位制 (SI) 一致。但是, 为了得到方便的结果, 公式的量纲常作调整, 以方便使用十进制倍数与分数词头 (所选量纲表示在下面每一个公式中)。

热学方面的计算使用英制, 因为大多数热学数据仍用这种形式。长度的量度用英寸 ($1\text{in} = 2.54\text{cm}$), 温度用摄氏温标, 但是辐射热计算用开尔文绝对温标。

在磁学方面的图和公式使用普遍使用的 CGS (厘米·克·秒) 单位。许多制造厂仍然提供 CGS 单位的资料及信息。例如, 磁场强度单位为 Oe 而非 A/m ($1\text{A/m} = 12.57 \times 10^{-3}\text{Oe}$)。

用 mW/g 表示磁心损耗, 用“峰值磁通密度 \hat{B} ”作为参量是一种业界标准的做法 (因为这些图通常是为推挽变压器开发的, 并假设磁通密度在零线上对称摆动)。为了防止混淆, 在本书考虑非对称磁通激励时, “峰值磁通密度 \hat{B} ”仅用来指示峰值。另一符号“磁通密度摆幅 ΔB ”用来指示总的峰峰激励值。

基本单位

单位符号	单位名称	量	量的符号	量 纲
kg	千克	质量	<i>m</i>	<i>M</i>
m	米	长度	<i>l</i>	<i>L</i>
s	秒	时间	<i>t</i>	<i>T</i>
A	安 [培]	电流	<i>I</i>	Q/T^{-1}
K	开 [尔文]	温度	<i>T</i>	θ

所用的 SI 词头

符号前缀	前缀名称	所乘的权值
M	兆	10^6
k	千	10^3
m	毫	10^{-3}
μ	微	10^{-6}
n	纳	10^{-9}
p	皮	10^{-12}

物理量的符号

量	量的符号	单位名称	单位符号	计算公式
电的物理量				
电容	<i>C</i>	法[拉]	F	$\text{S} \cdot \text{s}$
电荷	<i>Q</i>	库[仑]	C	$\text{A} \cdot \text{s}$
电流	<i>I</i>	安[培]	A	V/Ω
电能	<i>U</i>	焦[耳]	J	$\text{W} \cdot \text{s}$

2 本手册使用的单位、符号、量纲及缩略语

(续)

量	量的符号	单位名称	单位符号	计算公式
阻抗	Z	欧[姆]	Ω	—
自感	L	亨[利]	H	Wb/A
电位差	V^1	伏[特]	V	Wb/s
有功功率	P	瓦[特]	W	$VI \cos\theta$
视在功率	S	伏安	VA	$V \cdot A$
电抗	X	欧[姆]	Ω	—
电阻	R	欧[姆]	Ω	V/A
体积电阻率	ρ	欧姆立方厘米	$\Omega \cdot \text{cm}^3$	$\frac{R \cdot A}{l}$
磁的物理量				
场强	H	安培每米	A/m	—
场强(CGS)	H	奥[斯特]	Oe	$4\pi \times 10^{-3} \text{ A}/\text{M}$
磁通	Φ	韦伯	Wb	$V \cdot s$
磁通密度	B	特[斯拉]	T	Wb/m
磁导率	μ	亨利每米	H/m	$V \cdot s/\text{A} \cdot \text{m}$
其他				
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	$2\pi f$
面积	A	平方厘米	cm^2	—
频率	f	赫[兹]	Hz	cycles/s
长度	l	厘米	cm	—
趋肤(穿透)深度	Δ	毫米	mm	—
温度	T	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	—
绝对温度	T	开[尔文]	K	—
时间	t	秒	s	—
绕组高度	φ	毫米	mm	—

本书所用的变量、参数和单位

变 量	参 数	单 位
A	面积	cm^2
A	增益(无反馈)	dB
A'	增益(带反馈)	dB
A_c	最小磁极中心柱横截面积(变压器)	cm^2
A_{cp}	(磁心)中心柱面积	cm^2
ac	交流电流	A
A_e	(磁心)有效截面积	cm^2
A_g	(磁心)气隙面积	cm^2
A_L	电感系数(单匝电感)	nH
A_m	最小磁心面积	cm^2
A_n	衰减系数	—
A_p	磁极(磁心)中心柱截面积	cm^2

1. 国内的书籍中一般用字母 U 表示电位差,本书中沿用国外书籍习惯,使用字母 V 表示电位差。

——编者注

(续)

变 量	参 数	单 位
A_p'	原边绕组截面积	cm ²
AP	磁心面积乘积 ($A_w \times A_e$)	cm ⁴
A_{pe}	有效面积乘积 ($A_{wb} \times A_e$)	cm ⁴
A_r	(骨(绕线)架) 阻抗系数或衰减系数	—
A_w	(磁心) 绕组窗口面积	cm ²
A_{wb}	(骨(绕线)架) 绕组窗口面积	cm ²
A_{we}	绕组中铜有效面积 (总值)	cm ²
A_{wp}	原边绕组窗口面积	cm ²
A_s	表皮面积	cm ²
A_x	铜面积 (对于单支铜线)	cm ²
B	磁通密度	mT
\hat{B}	峰值磁通密度	mT
β	反馈系数	—
ΔB	磁通密度 B 的增量	mT
ΔB_{ac}	磁通密度摆幅值 (峰峰值)	mT
B_{dc}	稳态磁通密度 (H_{dc} 引起)	mT
B_{opt}	最佳磁通密度摆幅值 (最小损耗)	mT
B_r	剩余磁通密度	mT
B_s	饱和磁通密度	mT
B_w	磁通密度的峰峰值 (工作中)	mT
b_w	骨(绕线)架上绕组有效宽度	mm
C	电容	μ F
C_c	漏(寄生)电容	pF
cfm	(空气流动) 立方英尺每秒	cfm
C_h	热(储存)容量	Ws/°C
C_k	极间电容	pF
C_p	寄生电容	pF
D	占空比 (t_{on}/t_p)	
d'	导通时间与关断时间的比率 (t_{on}/t_{off})	
D'	$D'(1-D)$ = “关断” 时间	
dB	对数率 (电压 $20 \log_{10} V_1/V_2$ 或功率 $10 \log_{10} P_1/P_2$)	dB
dB_m	1mW 时的功率对数率 ($10 \log_{10} P_1/1mW$)	dB
DC	直流电流或电压	A 或者 V
di/dt	电流对时间的变化率	A/s
di_p/dt	原边电流对时间的变化率	A/s
di_s/dt	副边电流对时间的变化率	A/s
dv/dt	电压对时间的变化率	V/s
d_w	导线直径	mm
e	感生电动势 (矢量)	V
e'	表面发射系数	
$ e $	emf (仅指 emf 幅值)	V
E	电能	J

4 本手册使用的单位、符号、量纲及缩略语

		(续)
变 量	参 数	单 位
f	频率	Hz
F_1	层间系数	
F_r	绕组的 ac/DC 电阻比率	
H	磁场强度	Oe
\hat{H}	有效磁场强度峰值	Oe
h	导体厚度(窄条形)或导线直径	mm
H_{ac}	磁场强度摆幅	Oe
H_{dc}	直流电流产生的磁场强度	Oe
H_{opt}	磁场强度最佳值	Oe
H_s	磁场强度饱和值	Oe
ΔH	磁场强度的小增量	Oe
I	直流电流(DC)	A
i	交流电流均方根值(ac)	A
\hat{i}	峰值电流	A
I_a	电流密度(导线中的)	A/cm ²
I_{ave}	某确定期间电流的平均密度	A
I_{cp}	集电极峰值电流	A
I_{dc}	(相关变化)直流电流	A
I_e	实际输入电流	A
I_i	谐波干扰电流	A
I_L	电感或扼流圈电流(平均值)	A
i_L	交流电感器电流	A
$I_{L(p-p)}$	电感或扼流圈纹波电流峰峰值	A
I_{max}	电流最大值	A
I_{mean}	电流平均值	A
I_{min}	最小电流值	A
I_p	原边电流值(变压器)	A
I_s	副边电流(或缓冲器电流)	A
ΔI	电流小增量	A
$I^2 R$	有功损耗	W
j_{wc}	容抗 $1/2\pi fC$	Ω
j_{wl}	电抗 $2\pi fL$	Ω
K'	铜的有效利用系数(拓扑系数)	
K_m	物质常数	
K_p	原边面积系数	
K_i	原边电流均方根值系数	
K_u	(导线)填充系数	%
K_{ub}	骨(绕线)架利用系数	
L	电感(绕制线圈自感)	H
l	长度(磁路长度)	cm
l_e	有效(磁)路长度	cm
l_g	(磁心)气隙总长度	cm

(续)

变 量	参 数	单 位
L_{LP}	原边漏电感	μH
L_{Ls}	副边漏电感	μH
L_{LT}	总的漏电感 (变压器)	μH
l_m	导线或磁路 (磁心) 平均长度	cm
L_p	原边电感	mH
L_s	副边电感	mH
M_{ll}	线圈每匝平均长度	cm
mmf	磁动势 (磁势安匝值)	At
N	匝数	
N_{β}	反馈绕组	
N_{\min}	最小匝数 (防止磁通饱和)	
N_{mpp}	峰峰工作时的最小原边匝数	
N_p	原边匝数 (变压器)	
N_s	副边匝数 (变压器)	
N_v	每伏匝数 (变压器上)	T/V
N_w	每层匝数 (或导线)	
P	功率	W
p	周期 (时间)	μs
P_c	磁心的功率损耗	W
P_f	功率因数 (每伏安有功功率比)	—
P_{in}	输入功率	W
P_{id}	内部损耗总值	W
P_{out}	输出功率	W
P_{q1}	晶体管 Q1 的功率损耗	W
P_q	热能 (焦耳)	J
P_t	总内部损耗	W
P_v/N	原边每匝电压	V/T
P_w	绕组铜损耗	W
Q	热流动率 (导通瓦特数或散热器 J/s/in ²)	W J/s
R	电阻	Ω
r	(导线) 半径	mm
R_{Cu}	在指定温度下绕制线圈的直流电阻	Ω
R_e	变压器绕组有效直流电阻	Ω
R_{c-h}	外壳 - 散热器的热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_{h-a}	散热器 - 空气热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_{ha}	散热器热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_{j-c}	结 - 外壳, 热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
rms	所有谐波分量的方均根值	V 或 I
R_o	总热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_s	主电源或网络有效电阻值	Ω
R_{sf}	有效源电阻 ($R_{sf} = R_s \times W_{out}$)	Ω
RT	电阻温度系数 (铜在 0 $^{\circ}\text{C}$ 时为 0.00393)	$\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$

(续)

变 量	参 数	单 位
RT_{cm}	在温度 T °C 时的导线电阻	Ω/cm
R_{θ}	热阻 (热通道)	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta ja}$	热点至空气的热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_{th}	热阻	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
R_w	在频率 f 下绕制线圈的有效电阻	Ω
R_x	线架的电阻系数	
S_f	标尺系数	
T	摄氏温度	$^{\circ}\text{C}$
t	时间	s
T_{amb}	(空气) 环境温度	$^{\circ}\text{C}$
T_c	铜 (绕组) 温度	$^{\circ}\text{C}$
t_d	滞后周期时间	s
T_{ds}	(二极管) 表面温度	$^{\circ}\text{C}$
t_f	下降时间 (电压或电流下降所需时间)	μs
T_h	热交换器表面温度	$^{\circ}\text{C}$
t_p	周期时间 (即单循环持续时间)	μs
t_{off}	非导通关断时间	μs
t_{on}	导通时间	μs
ΔT	温度小变化量	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_a	小量温升 (相对于环境)	$^{\circ}\text{C}$
Δt	时间小增量	μs
T_r	温升 (相对于环境)	$^{\circ}\text{C}$
VA	伏安乘积 (视在功率)	VA
V_c	晶体管集电极电压	V
V_{cc}	线电压 (伏特)	V
V_{ce}	集电极 - 发射极电压	V
V_{ceo}	集电极 - 发射极击穿电压 (基极开路)	V
V_{cer}	集电极到发射极击穿电压 (基极 - 发射极带规定的电阻)	V
V_{ces}	集电极 - 发射极击穿电压 (基极反偏)	V
V_e	磁心有效体积	cm^3
V_{fb}	反馈电压	V
V_h	端电压 (调整器输入端电压)	V
V_{hi}	谐波干扰电压, 有效值	Vrms
V_{in}	输入电压	V
V_l	电感两端电压	V
V_m	平均电压	V
V_n	额定 (额定平均值) 电压	V
V/N	每匝电压	V/T
V_o	纹波电压	V
V_{out}	输出电压	V
V_p	峰值电压或原边电压	V
V_{p-p}	纹波电压, 峰峰值	V
V_{ref}	参考电压	V

		(续)
变 量	参 数	单 位
V_{rms}	电压有效值	Vrms
V_{sat}	饱和电压	V
W_{in}	输入有功功率 ($VI \cos \theta$ 或 $VA \times P_f$, 加热效应)	W
W_{out}	输出有功功率 ($VI \cos \theta$ 或 $VA \times P_f$, 加热效应)	W
W_j	结点热耗散, J/s	W
X_c	容抗 ($1/2\pi fC$)	Ω
X_L	感抗 ($2\pi fL$)	Ω
ρ	铜体积电阻率 (0°C 时为 $1.588\mu\Omega/\text{cm}^3$)	$\mu\Omega \cdot \text{cm}^3$
ρ_{tc}	铜在 $t_c^\circ\text{C}$ 时电阻率 ($R_{cu} = \frac{\rho_{tc} \cdot l}{A}$)	$\mu\Omega \cdot \text{cm}^3$
μ_0	磁场常数 ($4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$)	Vs/Am
μ_r	(磁心) 相对磁导率	
μ_x	有效磁导率 (引入气隙后)	
η	效率 (输出功率/输入功率 $\times 100\%$)	%
Δ	增量, 穿透厚度	mm
$\Delta\Phi$	总磁通增量	Φ
φ	有效导体高(长)度	mm
Φ	总磁通	Vs
\approx	近似于	
α	比例于	
ω	角速度 ($\omega = 2\pi f$)	rad/s
0V	零电压参考线 (公共输出端)	V
1-D	1-占空比 (“关断”期间)	s
π	物理常数	
$ x $	函数 (x) 幅值	

缩略语

- ac alternating current, 交流电
- AIEE American Institute of Electrical Engineers, 美国电气工程师学会
- AWG American wire gauge, 美国线规
- B/H (curve) hysteresis loop of magnetic material., 此材料的磁滞回线
- CISPR Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques, 国际无线电干扰特别委员会
- CSA Canadian Standards Association, 加拿大标准协会
- dB decibels (logarithmic ratio of power or voltage), 分贝 (功率或电压对数比率)
- DC direct (nonvarying) current or voltage, 直流 (不变) 电流或电压
- DCCT direct-current current transformers, 直流电流变换器
- e. g. exempla gratis, 例如
- emf electromotive force, 电动势
- EMI electromagnetic interference, 电磁干扰
- ESL effective series inductance, 有效串联电感
- ESR effective series resistance, 有效串联电阻

- FCC Federal Communications Commission, 美国联邦通信委员会
- FET field-effect transistor, 场效应晶体管
- HCR heavily cold-reduced, 深度降温
- HRC high rupture capacity, 高遮断能力
- IC integrated circuit, 集成电路
- IEC International Electrotechnical Commission, 国际电工委员会
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气与电子工程师学会
- LC (filter) a low-pass filter consisting of a series inductor and shunt capacitor, (滤波器) 由一个串联电感和并联电容组成的低通滤波器
- LED light-emitting diode, 发光二极管
- LISN line impedance stabilization network, 线性阻抗稳定网络
- mmf magnetomotive force (magnetic potential, ampere-turns), 磁动势 (安匝)
- MLT mean length (of wire) per turn, 每匝 (导线) 平均长度
- MOV metal oxide varistor, 金属氧化物压敏电阻
- MPP molybdenum Permalloy powder, 含钼镍铁导磁合金粉
- MTBF mean time before/between failure(s), 故障之前的平均时间/故障之间的无故障平均时间
- NTC negative temperature coefficient, 负温度系数
- OEM original equipment manufacturer, 原始设备制造商
- “off” nonconducting (nonworking) state of device (circuit), 器件 (电路) 非导通 (非工作) 状态
- “on” conducting (working) state of device (circuit), 器件 (电路) 导通 (工作) 状态
- OVP overvoltage protection (circuit), 过压保护 (电路)
- PARD periodic and random deviations (see glossary), 周期和随机飘移, 参见电源常用术语
- pcb printed circuit board, 印制电路板
- PFC power factor correction, 功率因数校正
- PFS power failure sense/signal, 功率故障感测/信号
- p-p peak-to-peak value (ripple voltage/current), 峰峰值 (纹波电压/电流)
- PTFE polytetrafluoroethylene, 聚四氟乙烯
- PVC polyvinyl chloride, 多元氯乙烯
- PWM pulse-width modulation, 脉宽调制
- RF radio frequency, 无线电频率 (射频)
- RFI radio-frequency interference, 射频干扰
- rms root mean square, 有效值
- RHP right-half-plane (zero), a zero located in the right half of the complex s -plane, 右半平面零点, 零点在复平面 s 的右半平面
- +s positive remote sensing (terminal, line), 正极性远程信号 (端, 线)
- s negative remote sensing (terminal, line), 负极性远程信号 (端, 线)
- SCR silicon controlled rectifier, (晶闸管) 可控硅整流
- SMPS switchmode power supply, 开关电源

- SOA safe operating area, 安全工作区域
- SR saturable reactor, 可饱和电抗器, 参见电源常用术语
- TTL transistor-transistor logic, 晶体管-晶体管逻辑
- UL Underwriters' Laboratories, 美国保险商实验室
- UPS uninterruptible power supply, 不间断电源
- UVP undervoltage protection (circuit), 欠压保护 (电路)
- VA volt amps (product; apparent power), 伏安值 (乘积; 视在功率)
- VDE Verband Deutscher Elektrotechniker, 德国电气工程师协会

目 录

第一部分 常用离线开关电源的功能 和基本要求

第 1 章 基本要求概述	1
1.1 导论	1
1.2 输入瞬变电压保护	2
1.3 电磁兼容性	2
1.4 差模噪声	2
1.5 共模噪声	2
1.6 静电屏蔽	3
1.7 输入熔断器的选择	3
1.8 交流电整流与电容输入滤波器	3
1.9 浪涌限制	4
1.10 启动方法	4
1.11 软启动	4
1.12 防止启动过电压	5
1.13 输出过电压保护	5
1.14 输出欠电压保护	5
1.15 过载保护(输入功率限制)	5
1.16 输出电流限制	6
1.17 高压双极型晶体管基极驱动 要求	6
1.18 比例驱动电路	6
1.19 抗饱和技术	6
1.20 缓冲器网络	6
1.21 直通	7
1.22 输出滤波, 共模噪声和输入 - 输出隔离	7
1.23 供电故障信号	7
1.24 供电正常信号	8
1.25 双输入电压供电运行方式	8
1.26 供电维持时间	8
1.27 同步	9
1.28 外部禁止方式	9

1.29 强制均流	9
1.30 远程取样	10
1.31 P 端连接	10
1.32 低压禁止	11
1.33 电压和电流的限制值调节	11
1.34 考虑安全标准要求	11
第 2 章 交流供电线的浪涌保护	12
2.1 导论	12
2.2 位置类别	12
2.3 浪涌发生的概率	14
2.4 浪涌电压波形	15
2.5 瞬变抑制器件	15
2.6 金属氧化物压敏电阻	16
2.7 瞬变保护二极管	17
2.8 充气式电涌放电器	17
2.9 交流滤波器和瞬变抑制器的 组合使用	19
2.10 A 类别瞬变抑制滤波器	19
2.11 B 类别瞬变抑制滤波器	20
2.12 完全瞬变保护的状况	21
2.13 接地电压的电震应力的原因	21
2.14 习题	22
第 3 章 开关电源的电磁干扰	23
3.1 导论	23
3.2 EMI/RFI 传播模式	23
3.3 输电线传导型干扰	23
3.4 安全标准(接地电流)	25
3.5 输电线滤波器	25
3.6 在干扰源抑制 EMI	26
3.7 实例	28
3.8 线路阻抗稳定网络	29
3.9 线路滤波器设计	29
3.10 共模线路滤波电感	30
3.11 共模线路滤波电感的设计 实例	31
3.12 串模电感	32