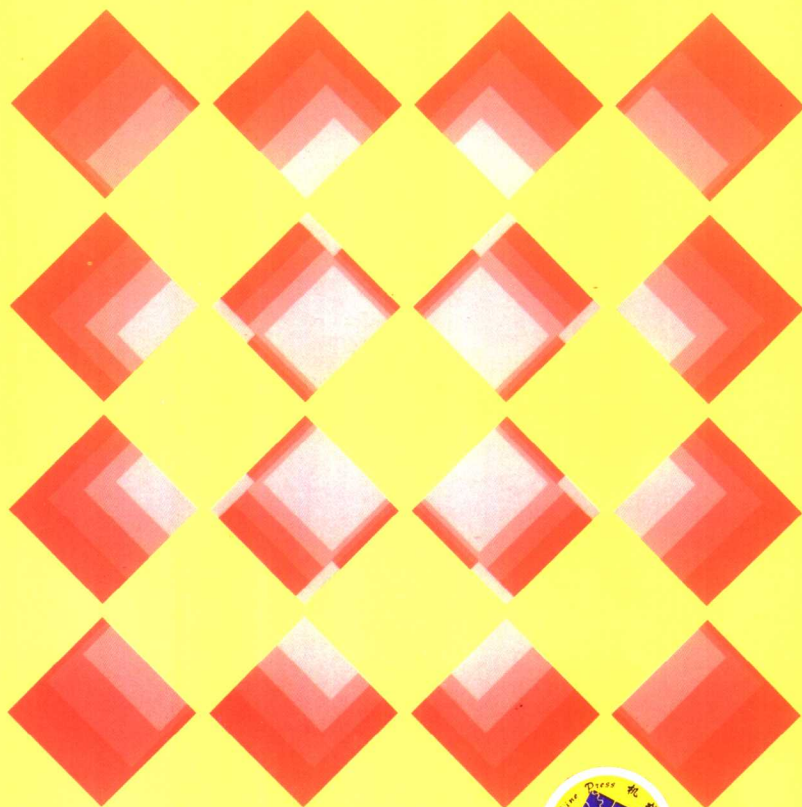


国外电气工程名著译丛

开关电源手册

(原书第2版)

(日) 原田耕介 主编 耿文学 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国外电气工程名著译丛

开关电源手册

(原书第2版)

(日) 原田耕介 主编
耿文学 译



机械工业出版社

原田耕介先生所主编的《开关电源手册》一书,除他自己多年来的成果外,还集聚了40多位专家的专题论述,内容包括:开关电源的功能及特点、开关电源的基本电路与设计实例、电源电路的模拟、电源规格说明书的查阅与编写、节省能源与高效率化技术、谐振型变换器与软开关式电源、谐波的防护与有源滤波器、扁薄小型化技术、开关电源电磁干扰的防护、开关电源的零件、开关电源的应用实例等11章。

本书是开关电源技术领域的工程技术人员及大专院校师生的一本实用工具书。

SWITCHING DENGEN HANDBOOK-2nd Edition-by HARADA Kosuke

Copyright (c) 2002 HARADA Kosuke

All rights reserved.

Originally published in Japan by THE NIKKAN KOGYO SHIMBUN, LTD., Tokyo.

Chinese (in simplified character only) translation rights arranged with THE NIKKAN KOGYO SHIMBUN, LTD., Japan through THE SAKAI AGENCY.

图字:01-2003-6967

图书在版编目(CIP)数据

开关电源手册(原书第2版)/(日)原田耕介主编;耿文
学译.一北京:机械工业出版社,2004.8

(国外电气工程名著译丛)

ISBN 7-111-14920-3

I. 开... II. ①原... ②耿 III. 开关电源 IV. TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第069899号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:牛新国 罗莉

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年8月第1版·第1次印刷

890mm×1240mmA5·18.375印张·2插页·544千字

0 001—5 000册

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

译者序

信息时代的突飞猛进,新型电子设备如雨后春笋蓬勃涌现,人类的生活日益丰富多彩,安康幸福。但居安思危,展望未来,节约能源和保护环境是当今十分重要的课题,这所有的一切都与电源息息相关。开关电源具有变换效率高、调压范围宽、稳压精度好、节约能源、结构小巧、保护环境等优点,近年来普遍受到重视,发展很快。具有多功能、长寿命、高可靠和使用方便、消扰抗噪能力强的新机型是当前攻关的重点课题。原田耕介先生主编的《开关电源手册》(《スイッチング電源ハンドブック》)一书,除他自己多年来研究的成果外,还集聚了40多位专家几年来的专题论述和一些有名的电子技术公司(如索尼、欧姆龙等公司)的新产品介绍,本书关涉到电力电子学、电工学的基础理论和光纤、纳米、压电、人类工程学等学科的知识,以及一些研制单位的工艺诀窍和经验公式,内容新颖而实用,是有关开关电源技术领域工程技术人员和大专院校师生的一本参考用书。机械工业出版社组织翻译此书,就是为了在国内推广和促进开关电源技术的发展。本人受托翻译,十分荣幸。工作中也得到俞长安、康明、扬哲三、陈立权、李学俭、耿京、孙素君、张开翼、袁畅、尚宁、赵刚等同志的帮助,在此一并感谢。因本人水平有限,错误难免,恳请读者惠正。

北京交通大学 耿文学

原 序

由于集成电路的迅速普及，使电子设备的发展如虎添翼，现在已普遍应用于我们现代社会生活的各个领域，可以说它是无处不在，而且由于近来信息化社会的蓬勃发展，更使其应用领域不断快速扩大。

现代电子设备所需电力的稳定供应，大多依赖于开关电源来实现。开关电源具有体积小、损耗低的特点，近年来也随同电子设备的快速发展而日益进步。原理上，开关电源的工作方式，就是利用半导体开关的开闭来执行电力导通量的控制，所以开关电源，既符合低损耗需求，又具有可节约能源的关键性技术。开关电源设备中须备有变压器、电感器以及电容器等能量贮存元件，但此类元件由于开关操作的高频化，会导致开关损耗及铁心等损耗都要增大，故体积的小型化就有一定的限度。另外，当开关开闭时，会有冲击（浪涌）电压、电流及噪声等产生。为了解决这些问题，研制了谐振型开关及软开关操作等的新开关工作方式。此类方式的小型化及高可靠性方面的需求，也随着实用化愿望的热切期待而不断提高。但因成本等方面因素的影响，至今还未能全面达到可取代以往硬开关操作的通用方式。再者，由电容器输入电路等所产生的电力系统的谐波失真，出现在工频电源上会引起功率因数降低，而且开关操作的噪声会引起新的环保问题等，都是要解决的当务之急。

本社有鉴于此，特以 1993 年初版发行的开关电源手册为蓝本进行修订增补，针对电源的基础设计技术和软开关操作技术、噪声与谐波对策、电源的零部件技术以及其实用化技术等内容为主，于 1997、1998 及 1999 连续 3 年以专刊方式在《电子技术》杂志上进行了连载，不仅得到专业技术人员的普遍重视，而且获得了开关电源使用者的一致好评。

本书是在原书的基础上增补了《电子技术》连载的内容，整理、归纳、编辑成册，我希望新版《开关电源手册》一书的问世，能对今后开关电源的普及与发展，有所裨益。

熊本工业大学
能源电子学研究所
原田耕介

作者介绍 (按执笔章节次序)

姓 名	单 位	执笔章节
原 田 耕 介	熊本工业大学教授	1. 1, 8. 1
平 林 宣 昭	新電元工業 (株)	1. 2, 7. 1
柳 沼 克 英	新電元工業 (株)	2. 1, 2. 7 ~ 2. 12
二 川 東 流	新電元工業 (株)	2. 2 ~ 2. 4, 2. 13
秦 勝 彦	秦技術士事務所	2. 5
山 崎 浩	山崎技術士事務所	2. 6, 7. 2
大 内 二 郎	東北リコー (株)	第 3 章
田 畑 明 廣	新電元工業 (株)	第 4 章
河 瀬 直	TDK (株)	5. 1
佐 藤 守 男	大平電子 (株)	5. 2, 6. 3
安 村 昌 之	ソニー (株)	5. 3, 6. 2
岡 本 康 司	(株) 村田製作所	5. 4
澤 幡 悟	新電元工業 (株)	5. 5
山 下 隆 司	(株) NTT ファシリティーズ	5. 6
二 宮 保	九州大学教授	6. 1
森 田 浩 一	サンケン電気 (株)	6. 4, 8. 3, 9. 1, 9. 2
渡 辺 晴 夫	新電元工業 (株)	6. 5
布 施 和 昭	(株) タムラ製作所	7. 3
中 村 修	山洋電気 (株)	7. 4
山 田 武	オムロン (株)	8. 2
村 林 陽 康	オムロン (株)	
横 原 映 二	サンケン電気 (株)	
佐 藤 義 治	サンケン電気 (株)	
下 田 康 生	日立フエライト電子 (株)	8. 4
小 谷 幹 雄	日立フエライト電子 (株)	
中 島 隆	(株) ネオテクノロジー	8. 5
諫 山 徳 行	TDK (株)	

作者介绍 (按执笔章节次序)

姓 名	单 位	执笔章节
酒 井 達 郎	(株) NTT 通信エネルギー研究所	8.6
三 野 正 人	(株) NTT 通信エネルギー研究所	
坂 本 幸 夫	(株) 村田製作所	9.3
只 信 一 生	松下電子部品 (株)	10.1
伊 東 浩 二	新電元工業 (株)	10.2
高 村 信 博	インターナショナルレクティファイアー・ジャパン (株)	10.3
高 坂 誠 一	新電元工業 (株)	10.4
西 堀 正 範	(株) 村田製作所	10.5
那 須 敏 幸	インフィニオンテクノロジーズ・ジャパン (株)	10.6
宮 澤 亘	新電元工業 (株)	10.7
室 山 誠 一	(株) NTT ファシリティーズ	11.1
川 島 進 吾	日本電気 (株)	11.2
長 澤 康 夫	デンセイ・ラムダ (株)	11.3
仲 矢 文 則	東芝ライテック (株)	11.4
伊 藤 公 博	和泉電気 (株)	11.5
山 野 等	和泉電気 (株)	
松 本 敏 晴	和泉電気 (株)	
有 留 茂 樹	和泉電気 (株)	

目 录

译者序

原序

第1章 开关电源的功能及特点	1
1.1 开关电源的现状与未来展望	1
1.1.1 开关电源的市场动向	1
1.1.2 电源的节能技术	2
1.1.3 备用功率	4
1.1.4 冗余系统损耗的评估	5
1.1.5 集成化与同步整流	6
1.1.6 今后的能源问题	8
1.2 开关电源的电路结构与特征	9
1.2.1 串联稳压器与开关电源的比较	9
1.2.2 开关电源的工作原理	11
1.2.3 开关电源的常用术语	18
第2章 开关电源的基本电路与设计实例	31
2.1 正激(正向)式变换器	31
2.2 RCC(带扼流圈的激振变换电路)方式	55
2.2.1 电路结构与特性	55
2.2.2 设计程序	60
2.3 ON-OFF(开关)式变换器	77
2.3.1 电路结构及其特性	77
2.3.2 设计程序	78
2.4 斩波器式变换器	83
2.4.1 电路结构及其特性	83
2.4.2 设计程序	87
2.5 电流谐振型变换器	94
2.5.1 电流谐振型变换器的电路结构	95

2.5.2	谐振变换器的设计程序	96
2.5.3	各个阶段应考虑的事项	96
2.5.4	电流谐振型变换器的未来展望	102
2.6	电压谐振型变换器	104
2.6.1	推挽式结构谐振型电源的设计	104
2.6.2	工作原理	105
2.6.3	设计程序	107
2.6.4	谐振型电源的优缺点	114
2.7	输入电路的计算	114
2.8	冲击抑制电路	121
2.9	输入滤波器电路	122
2.10	控制电路	125
2.11	保护电路	125
2.12	安全标准	128
2.13	电源的组装及设计	132
2.13.1	部件发热的处理	132
2.13.2	安全标准	133
2.13.3	噪声对策	133
第3章	电源电路的模拟	135
3.1	单片正激(正向)变换器的模拟	135
3.2	输入整流电路部分的模拟	137
3.3	基本变换器部分的模拟	139
3.3.1	未施加反馈状态时变换器部分的模拟	139
3.3.2	接近真实波形的模拟	142
3.3.3	基本特性以外其他方面的模拟	144
3.4	施加反馈时的模拟	147
3.5	包含输入整流部分在内的模拟	151
3.6	应用于开关调压器方面的仿真器问题	152
3.7	仿真器的最新动向	153
第4章	电源标准说明书的查阅与编写	156
第5章	节省能源与高效率化技术	176

5.1 能源星型规划与开关电源	176
5.1.1 国际能源星型规划	176
5.1.2 节省能源方法	178
5.1.3 高效率电源	178
5.1.4 AC 200V 供电	179
5.1.5 谐波的相应对策	182
5.2 节能及高效率电源的设计要点	183
5.2.1 何谓缓冲器	183
5.2.2 内置 FET 缓冲器的谐振型 RCC	185
5.2.3 应用 FET 串级缓冲器的电源	189
5.3 复合控制式复合谐振型变换器	193
5.3.1 开发背景	193
5.3.2 复合谐振型变换器及其复合控制	194
5.3.3 电路结构及其效果	198
5.3.4 特点及今后的展望	202
5.3.5 今后的课题	203
5.4 待机时节能型开关电源技术	203
5.4.1 值得重视的待机电耗	203
5.4.2 低损耗的电源	204
5.4.3 节电的电源	209
5.4.4 未来的展望	212
5.5 适应低压化需求的同步整流电路	212
5.5.1 低损耗化的 DC-DC 变换器	213
5.5.2 使用 MOSFET 构成的同步整流电路	213
5.5.3 同步整流 MOSFET 的栅极驱动	215
5.5.4 同步整流 MOSFET 的损耗	217
5.5.5 同步整流电路的课题	217
5.6 分散供电的基本方式及其电源技术	221
5.6.1 分散供电方式的开发背景	221
5.6.2 分散供电方式的特征	223
5.6.3 分散供电方式的结构	223

5.6.4	通信设备室内的分散电源	225
5.6.5	分散供电系统的应用实例	228
5.6.6	分散供电方式的课题与展望	229
第6章	谐振型变换器与软开关式电源	231
6.1	软开关式电源的开发历程及发展动向	231
6.1.1	开关电源的开发历程	232
6.1.2	软开关技术的开发历程	235
6.1.3	压电变压器的应用	239
6.2	正交型变压器控制方式的软开关式电源	242
6.2.1	符合节能需求的电源技术	242
6.2.2	振荡及驱动方式	242
6.2.3	正交型变压器的控制技术	244
6.2.4	电压谐振型变换器电路的实际应用	244
6.2.5	电流谐振型变换器电路的实际应用	249
6.2.6	目前的课题以及今后的展望	258
6.3	软开关式电源的应用及节能效果	259
6.3.1	软开关的电路结构	259
6.3.2	反激(反向)变换器的 ZVS	262
6.3.3	应用软开关的电路实例——脉宽 调制、零电压开关(PWM—ZVS)	264
6.3.4	采用再循环方式的功率因数控制(PFC)电路	268
6.3.5	软开关的今后课题	270
6.4	高效率软开关式 AC 适配器	271
6.4.1	低噪声及低损耗的软开关式变换器	273
6.4.2	软开关、多谐振零电流开关(SMZ)方式	275
6.4.3	混合式 IC	278
6.4.4	笔记本个人计算机用的 AC 适配器	283
6.5	复合谐振变换器的多芯片模块	287
6.5.1	复合谐振变换器的工作原理	287
6.5.2	多芯片模块的功能及特性	292
6.5.3	利用 MCR 5102 所构成的复合谐振变换器电路	296

第7章 谐波的防护与有源滤波器	298
7.1 谐波的基本对策	298
7.1.1 谐波电流所引起的故障	298
7.1.2 谐波电流(谐波电流值的限制)的基础	298
7.2 有源滤波器的特征与效果	313
7.2.1 电力装置与AC线路噪声	313
7.2.2 采用有源滤波器时的效果与特点	314
7.2.3 有源滤波器的应用现状	318
7.3 瞬变高频激振式(RD)单变换器	322
7.3.1 谐波的防护方法	323
7.3.2 瞬变高频激振(RD)	324
7.3.3 RD方式的特性	331
7.3.4 RD方式的应用	333
7.4 利用有源滤波器对谐波的抑制	338
7.4.1 谐波的抑制装置	338
7.4.2 谐波的消除技术	341
7.4.3 效果	344
7.4.4 谐波抑制装置的选用	345
第8章 扁薄小型化技术	349
8.1 多媒体时代的电源技术	349
8.1.1 何谓多媒体时代的电源	349
8.1.2 冗余系统的组成	351
8.1.3 噪声与谐波畸变的对策	353
8.1.4 电源的小型化与分散化技术	354
8.1.5 蓄电池的未来	354
8.2 通用开关电源小型化的基本技术	356
8.2.1 小型电源的开发	356
8.2.2 实现小型化的关键	358
8.2.3 电路方面	359
8.2.4 结构与规格的匹配	364
8.2.5 今后的展望	369

8.3 利用 SMZ 式变换器的低噪声及小型化技术	369
8.3.1 SMZ 式变换器	370
8.3.2 噪声发生源	371
8.3.3 热端与冷端, 器件的散热	373
8.3.4 变压器	374
8.3.5 泄漏电流与泄漏电流的规格	375
8.3.6 实验结果	376
8.3.7 低噪声电源的探讨结论	379
8.4 开关电源用低背型 L 零件	381
8.4.1 线路滤波器	382
8.4.2 有源滤波器用的线圈	384
8.4.3 输出变压器: 变压器的扁薄化	385
8.4.4 平滑用扼流线圈	387
8.5 开关电源的小型化组装与散热技术	390
8.5.1 小型开关电源及其组装技术	391
8.5.2 开发技术人员心目中的小型电源组装技术	393
8.5.3 就专利的观点探讨小型电源组装技术 及介绍日本有关专利情报的现状	398
8.6 DC-DC 变换器的扁薄化与单片电源技术	405
8.6.1 多媒体时代的各类设备与 DC-DC 变换器	405
8.6.2 何谓单片电源	405
8.6.3 薄膜磁性零件	407
8.6.4 扁薄型 DC-DC 变换器	412
8.6.5 薄膜电感器与电源 IC 间的集成化	414
8.6.6 今后的课题与展望	416
第 9 章 开关电源电磁干扰 (EMI) 的防护	419
9.1 噪声标准及其测定条件	419
9.1.1 噪声问题的探讨	419
9.1.2 噪声标准及其测定条件	420
9.2 开关电源噪声的防护	424
9.2.1 传导噪声的产生原理	424

9.2.2 开关电源的噪声对策	425
9.3 EMI 滤波器及其使用方法	429
9.3.1 噪声与纹波的产生原因	430
9.3.2 噪声的模式与滤波器的结构	432
9.3.3 防护上的难点及其解决方法	438
第 10 章 开关电源的零件	454
10.1 铝电解电容器	454
10.1.1 谐波电流失真的对策掌握	454
10.1.2 谐波防护电路	455
10.1.3 谐波防护电路用铝电解电容器	455
10.1.4 今后的展望	460
10.2 低损耗二极管	460
10.2.1 开发目标	460
10.2.2 低损耗二极管 (LLD) 的一般功能与特性	461
10.2.3 300V-LLD 的功能与特性	462
10.3 开关电源用 IGBT	465
10.3.1 WARP IGBT 的开发背景	466
10.3.2 IGBT 的接通 (ON) 及断开 (OFF) 结构	466
10.3.3 WARP IGBT 的快速性	468
10.3.4 WARP IGBT 的特点及注意事项	469
10.3.5 IGBT 的速度限制	472
10.3.6 WARP IGBT 的规格说明	473
10.3.7 符合需要的 MOS 栅极驱动器 (功率 IC)	474
10.4 可供 DC-DC 变换器使用的功率 IC	475
10.4.1 体小扁薄化的需求	475
10.4.2 功能与特点	476
10.4.3 应用电路实例	479
10.4.4 可获得的效果和待研究的课题	480
10.5 热敏电阻	481
10.5.1 热敏电阻的应用实例与特征	483
10.5.2 今后的研究课题	487

10.6 高压电力 (功率) FET	487
10.6.1 开发背景	488
10.6.2 Cool MOS 的结构技术	489
10.6.3 Cool MOS 的电气特性	491
10.6.4 开关电源方面的应用	492
10.7 降低待机电耗的电源 IC	495
10.7.1 降低待机电耗的电源原理	495
10.7.2 降低待机电耗的电源特性	499
第 11 章 开关电源的应用实例	503
11.1 光纤用户网络装置的电源	503
11.1.1 通信网络的现况	503
11.1.2 光纤用户线路的网络概况	504
11.1.3 光通信网络装置 (ONU) 电源结构与功能	505
11.1.4 试制装置的结构与特性	509
11.2 LCD 背景灯的压电陶瓷逆变器	514
11.2.1 陶瓷逆变器的现况	514
11.2.2 3 次罗真型压电变压器	515
11.2.3 压电陶瓷逆变器的驱动电路	518
11.3 模块式功率盒电源	523
11.3.1 开发着眼点	523
11.3.2 模块式功率盒的特点	525
11.3.3 α 变压器系统的引进	530
11.3.4 功能方面的充实	531
11.4 照明用逆变器	532
11.4.1 荧光灯的电子式镇流器的特点	533
11.4.2 荧光灯电子式镇流器的功能	534
11.4.3 荧光灯电子式镇流器的节省能源 与改善功率因数	534
11.4.4 电子镇流器的抑制输入电流谐波技术	538
11.5 控制设备使用的电源	545
11.5.1 开发背景	545

11.5.2	开发方法	546
11.5.3	安全性的考虑与背景	547
11.5.4	“使用方便”方面的考虑	548
11.5.5	PS5R 型电源的开发概念与效果	550
11.5.6	电路技术	554
11.5.7	安全规格	555
11.5.8	噪声与 CE 标志	555
索引 (日英汉术语对照)		559