

王鸿麟等 编著 胡民海 审校
中国通信学会主编 人民邮电出版社

(修订本)

现代通信电源

通信工程丛书



通信工程丛书

现代通信电源

(修订本)

王鸿麟等 编 著
胡民海 审 校



中国通信学会主编·人民邮电出版社

9810044

图书在版编目(CIP)数据

现代通信电源/中国通信学会主编. - 修订本. - 北京:
人民邮电出版社, 1998.4

(通信工程丛书)

ISBN 7-115-06764-3

I. 现… II. 中… III. 通信系统-电源-概论 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 00265 号

DO2E/11

通信工程丛书

现代通信电源(修订本)

◆ 编 著 王鸿麟等

审 校 胡民海

责任编辑 王晓明

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 22.75

字数: 603 千字 插页: 8 1998 年 5 月第 2 版

印数: 10 001 - 14 000 册 1998 年 7 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-115-06764-3/TN·1265

定价: 39.00 元

内 容 提 要

本书对现代通信系统所使用的电源作了全面系统的介绍,内容包括:相位控制型稳压电源、线性稳压电源、脉宽调制(PWM)型开关稳压电源、谐振型开关稳压电源、太阳能电源和化学电源、交流不间断电源系统。

本书内容丰富、实用性强,适合从事通信工程的技术人员及从事电源技术的研究、开发和应用人员阅读参考。

丛书前言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

任何通信设备都离不开电源,电源设备的质量直接影响通信的质量。随着现代通信设备的迅速发展,特别是微电子技术的发展,通信设备对电源的要求越来越高,不断出现各种新型电源,如相控型稳压电源,集成化线性稳压电源,开关型电源,不停电电源,太阳能电源和程控电源等等已开始应用于通信设备中,因而我国广大通信科技工作者迫切需要了解这些新型电源的原理和设计方法。本书试图根据这个要求,介绍现代通信电源设备的理论和实用知识。

从通信设备对通信电源的要求说起,介绍了一般的高低压、交直流通信电源系统,变流电路,如各种相控型的单相、多相、半控、全控整流电路,并着重讨论了晶闸管触发电路。在稳压电源方面阐述了线性稳压电源和开关稳压电源的原理及其设计方法。为了保证通信无瞬间中断,介绍了交流不停电的各种措施,另外还照顾到边远无市电地区缺乏能源,简要地介绍了太阳能和化学电源。最后对正在发展中的程控电源作了概括的介绍。

本书第一章由王鸿麟、李宗光编写,第二章由王鸿麟、吕耀德编写,第三章由叶治政、王鸿麟编写,第四章由王鸿麟、叶治政编写,第五章由王鸿麟编写,第六章由王鸿麟、张秀澹编写,第七章由胡瑞雯编写。全书由王鸿麟综合整理并作了文字加工。

本书经中国通信学会通信电源委员会副主任委员李朔生副教授审阅,第五章还经华中工学院陈坚副教授审阅,都提出了许多宝贵的修改意见。此外邮电部武汉通信电源设备厂范治本同志和青岛整流器厂吴有义同志提供了许多宝贵资料。作者在此表示衷心感谢。由于作者水平有限,书中缺点在所难免,希广大读者批评指正。

作者 1984 年 12 月

修订本前言

通信电源在通信局(站)中具有非常重要的地位。近年来,由于微电子技术和计算机技术在通信设备中得到广泛应用,通信设备的容量越来越大,所以,即使通信电源瞬时中断,也会丢失大量信息,而造成不可估量的损失。因此必须提高通信电源系统的可靠性。

随着通信设备的容量不断增加,通信设备的用电量越来越大,因此,必须采用各种节能措施,提高能源利用率和经济效益。过去通信设备采用的相控型整流器效率较低,近些年来,已大量采用效率可达85%以上的PWM型和谐振型开关稳压电源。传统的通信电源系统都采用直流集中供电方式,为了保证不间断供电,必须配置两组容量很大的蓄电池。由于阀控式免维护蓄电池的价格较高、体积较大,所以电源的投资很大,电池组占用的机房面积也较大。同时,采用直流集中供电方式,汇流排的损耗功率也较大。因此,世界各国都已普遍采用以交流供电为主的分散供电系统。同时由于交流不间断电源系统和自动化柴油发电机组的技术水平迅速提高,所以,交流供电系统的可靠性和供电质量也大大提高。

随着通信技术的发展,通信供电系统和各类通信电源设备都发生了巨大的变化,1987年出版的《现代通信电源》一书已很难满足广大读者的要求。为了适应通信电源技术的迅速发展,我们对该书作了较大的修改和补充。在第一章中,根据邮电部《通信局(站)电源系统总技术要求》和《通信电源、机房空调集中监控管理系统技术要求》,着重介绍了分散供电系统,增加了通信电源计算机集中监控系统、新型交直流配电屏等内容。在第二章中,删去了目前已很少应用的几种相控型整流设备的相关内容,增加了晶闸管厚膜触发电路和数字程控交换机用相控型稳压电源等内容。在第三章中,只保留了

线性集成稳压器一节,增加了目前广泛应用的低压差线性稳压器一节。在第四章中,只保留了第一版中直流变换器基本电路一节,增加 PWM 集成控制器、功率因数校正电路、负载均流电路、PWM 型直流变换器模块,通信用 PWM 型开关稳压电源等内容。近年来,国内外谐振型开关稳压电源发展很快,并且在通信设备中已开始应用,因此新编写了第五章“谐振型开关稳压电源”,较详细地分析了零电压开关准谐振变换器、零电流开关准谐振变换器、零电压开关多谐振变换器和相位调制 PWM 变换器的工作原理和设计方法,并详细介绍了各类谐振变换器集成控制器和谐振变换器模块的工作原理和实际应用电路,最后简要介绍了几种通信用谐振型开关稳压电源。第六章中增加了在通信基础电源中已大量采用的阀控式免维护铅酸蓄电池以及在移动通信设备中广泛采用的镍氢电池和锂离子电池的内容,比较详细地介绍了这几种新型电池的工作原理和充放电特性。还对在光通信中继站和微波通信中继站中大量采用的太阳能电池、风力发电机和油机发电机组成的互补型供电系统中的风力发电系统的结构和工作原理作了简要介绍。第七章对近年来,在不间断供电设备中大量应用的 IGBT 等新型功率器件进行了介绍,增加了 IGBT 静态开关和 IGBT 逆变器的工作原理和设计方法,还增加了 SPWM 型正弦波逆变器及直流侧谐振逆变器的工作原理等内容。由于在许多通信电源设备和系统中,都实现了计算机控制和管理,没有必要单独介绍程控电源,因此,将第一版中的原第七章内容删去。

本书第一章由王鸿麟、余大武、王英杰、许英编写,第二章由王鸿麟、贺宝财、林秦洲编写,第三章由王鸿麟、叶治政、张硕轶、段景汉编写,第四章由王鸿麟、周晓军、胡民海、喻翔编写,第五章由王鸿麟、胡民海、朱明媛、田金玉、侯振义、范景林、刘建周编写,第六章由王鸿麟、钱建立、何根洪、张秀澹编写,第七章由王鸿麟、石楚生、蒋卓勤编写。全书由王鸿麟综合整理并作了文字加工。全书经西安盛海电源技术研究所胡民海所长审阅。

在本书修订过程中,武汉洲际电源集团、深圳华为技术有限公

司、青岛整流器总厂、上海新光通信电源有限公司、邮电部兴安通信设备厂、天津和平海湾电源集团、北京达威通信新技术有限公司、天津泰博机电有限公司提供了详细的技术资料,在此表示衷心感谢。此外,香港科汇(亚太)有限公司、美国 UNITRODE 公司、美国 INTERNATIONAL RECTIFIER 公司、美国 MICRO LINE 公司、西安盛海电源技术研究所等提供了最新电源技术资料,作者在此表示衷心感谢。

作者

1997 年 5 月

目 录

第一章 通信电源系统	1
1.1 通信设备对电源系统的要求	1
1.2 通信电源系统的组成	3
1.2.1 集中供电方式电源系统的组成	3
1.2.2 分散供电方式电源系统的组成	18
1.2.3 混合供电方式电源系统的组成	20
1.3 通信用配电设备	22
1.3.1 GG-1A 型高压交流配电屏	22
1.3.2 DPJ19 系列低压交流配电屏	25
1.3.3 DPZ26 系列直流配电屏	28
1.4 通信电源集中监控系统	32
1.4.1 集中监控系统的功能和组成	32
1.4.2 通信接口与通信协议	39
1.4.3 监控系统的管理	45
1.4.4 监控系统实例	46
第二章 相位控制型稳压电源	56
2.1 单相可控整流电路	56
2.1.1 单相半波可控整流电路	56
2.1.2 单相桥式可控整流电路	64
2.2 多相可控整流电路	72
2.2.1 三相半波可控整流电路	72
2.2.2 三相桥式半控整流电路	78
2.2.3 三相桥式全控整流电路	83
2.2.4 带平衡电抗器的双反星形可控整流电路	87

2.2.5	带平衡电抗器的六相桥式全控整流电路	89
2.3	晶闸管的触发电路	92
2.3.1	晶闸管对触发信号的要求	92
2.3.2	单结晶体管(UJT)触发电路	93
2.3.3	晶体管触发电路	96
2.3.4	晶闸管厚膜触发器	101
2.4	ZTA01-48V/400A 数字程控交换机用相控型稳压电源	115
2.4.1	概述	115
2.4.2	电路结构	116
2.4.3	主要电路工作原理	117
第三章	线性稳压电源	128
3.1	线性稳压电源的基本原理	128
3.1.1	最简单的线性稳压器	128
3.1.2	采用差动放大器的线性稳压器	130
3.2	线性稳压器的主要技术指标	131
3.3	线性集成稳压器	132
3.3.1	线性集成稳压器的主要特点和优点	132
3.3.2	线性集成稳压器的分类	134
3.3.3	线性集成稳压器的原理和应用	136
3.4	低压差线性稳压器	163
3.4.1	低压差线性稳压器的优点	163
3.4.2	低压差线性稳压器的控制器 UC1834	164
3.4.3	低压差线性稳压电源实例	170
第四章	脉宽调制(PWM)型开关稳压电源	173
4.1	概述	173
4.1.1	开关型稳压电源的组成和主要优点	173
4.1.2	开关型稳压电源的分类	175
4.2	不隔离式直流变换器	175

4.2.1 降压型直流变换器	175
4.2.2 升压型直流变换器	186
4.2.3 反相型直流变换器	190
4.3 隔离式直流变换器	193
4.3.1 单端直流变换器	193
4.3.2 推挽式直流变换器	199
4.3.3 桥式直流变换器	213
4.4 PWM 型直流变换器集成控制器及其应用	217
4.4.1 概述	217
4.4.2 高速脉宽调制器 UC3823A、B/UC3825A、B	219
4.4.3 1MHz 电流型 PWM 控制器 LT1246	231
4.4.4 双输出电流型 PWM 控制器 UCC3806	240
4.4.5 1.5MHz PWM 型变换器设计	246
4.4.6 PH 系列 DC/DC 变换器模块应用	265
4.5 功率因数与谐波校正电路	274
4.5.1 功率因数的基本定义和基本校正方法	274
4.5.2 功率因数校正控制器 LT1249 及其应用	278
4.5.3 功率因数校正控制器 TK81854 及其应用	287
4.5.4 PF 系列功率因数和谐波校正模块	295
4.5.5 零电压开关功率因数校正电路	302
4.6 负载均流电路	315
4.6.1 负载均流的基本方法	315
4.6.2 负载均流控制器 UC3907	319
4.6.3 开关电源负载均流电路	324
4.7 开关稳压电源产生的干扰及其抑制方法	327
4.7.1 尖峰干扰产生的原因及其抑制方法	327
4.7.2 谐波干扰及其抑制方法	332
4.7.3 传导干扰与辐射干扰的抑制方法	333
4.8 通信用高频 PWM 型智能开关电源系统	335

4.8.1	DUM14 智能高频开关电源系统	335
4.8.2	PS482000E 智能通信 PWM 型开关电源系统	342
第五章 谐振型开关稳压电源		349
5.1	PWM 型开关电源中的损耗与谐振型开关电源的进展	349
5.1.1	脉宽调制(PWM)型开关电源中的损耗	349
5.1.2	谐振型开关电源的进展	350
5.1.3	谐振开关工作原理	352
5.2	零电流开关准谐振变换器	355
5.2.1	零电流开关准谐振降压变换器	355
5.2.2	零电流开关准谐振半桥变换器	359
5.2.3	零电流开关谐振控制器 UC3860	365
5.2.4	150W 零电流开关稳压电源	369
5.3	零电压开关准谐振变换器	374
5.3.1	零电压开关准谐振降压变换器	374
5.3.2	零电压开关准谐振单端正激变换器	383
5.3.3	零电压开关准谐振半桥变换器	385
5.3.4	零电压开关准谐振全桥变换器	387
5.3.5	UC3861 ~ 3868 系列准谐振变换器控制器	389
5.3.6	零电压开关准谐振变换器实例	401
5.4	零电压开关多谐振变换器	403
5.4.1	多谐振开关的基本原理	403
5.4.2	零电压开关多谐振降压变换器	403
5.4.3	恒频多谐振变换器	406
5.4.4	零电压开关多谐振单端正激变换器实际电路	407
5.5	相位调制 PWM 变换器	409
5.5.1	相位调制 PWM 变换器基本工作原理	409
5.5.2	相位调制 PWM 变换器控制器	413
5.5.3	由 MI4818 组成的相位调制 PWM 变换器	441

5.6 VI-200 系列谐振型变换器模块	444
5.6.1 零电流开关单端正激变换器基本工作原理	445
5.6.2 模块的引脚排列与功能	446
5.6.3 模块的型号和主要参数	455
5.6.4 实际应用电路	458
5.7 谐振型通信开关稳压电源	460
5.7.1 SWICHTEC 谐振型通信开关稳压电源系统	460
5.7.2 DPC400-II 谐振型通信开关电源系统简介	469
第六章 太阳能电源和化学电源	473
6.1 太阳能电源	473
6.1.1 太阳电池	473
6.1.2 太阳电池供电系统	485
6.1.3 太阳能通信电源	503
6.2 铅酸蓄电池	509
6.2.1 铅酸蓄电池基本工作原理	510
6.2.2 阀控式免维护铅酸蓄电池的结构与特性	514
6.2.3 铅酸蓄电池的运行方式与充电方法	523
6.3 碱性蓄电池	532
6.3.1 镉镍蓄电池	532
6.3.2 镍氢电池	538
6.3.3 锂离子电池	554
6.3.4 银锌蓄电池	563
第七章 交流不间断电源系统	566
7.1 交流不间断电源系统的组成和分类	566
7.1.1 交流不间断电源系统的组成	566
7.1.2 交流不间断电源系统的基本分类	567
7.2 交流静态开关	572
7.2.1 交流静态开关基本电路	572
7.2.2 交流静态开关的触发方式和触发电路	576

7.2.3 IGBT 交流静态开关的栅极驱动电路	583
7.3 整流充电电路	589
7.3.1 阀控式免维护铅酸蓄电池的充电特性	589
7.3.2 相控型整流充电电路	591
7.3.3 线性充电电路	592
7.3.4 开关型充电电路	600
7.4 逆变器	611
7.4.1 方波晶体管逆变器	611
7.4.2 正弦波脉宽调制 (SPWM) 型晶体管逆变器	615
7.4.3 直流侧谐振晶体管逆变器	618
7.4.4 晶闸管单相逆变器	622
7.4.5 晶闸管三相逆变器	634
7.4.6 晶闸管正弦波逆变器	643
7.5 油机发电机组	650
7.5.1 油机的基本构造	650
7.5.2 无人值守 4120SW 型柴油机的特殊装置	655
7.5.3 通信用自动化柴油发电机组的控制系统	660
7.5.4 通信用 PEEL 全自动油机发电机备用电源系统	666
7.6 KGB _T A 系列交流不间断电源系统	670
7.6.1 概述	670
7.6.2 整流器	672
7.6.3 逆变器	686
7.6.4 交流静态开关	702

•

第一章 通信电源系统

1.1 通信设备对电源系统的要求

通信电源通常称为通信设备的“心脏”,在通信局(站)中,具有无可比拟的重要地位。近年来,我国通信事业飞跃发展,各种先进的通信设备大量应用。目前,我国主要通信设备都已经达到或接近世界先进水平,通信网的总体规模也已经跃居世界各国前列,通信设备对电源系统的要求越来越高。如果电源系统的工作不可靠,就会造成通信中断。如果电源输出电压不稳或纹波电压过大,就会降低通信质量,甚至无法正常通信。这样就不能满足国家建设、经济文化交流以及人民生活的需要。

通信设备对电源系统的一般要求是:可靠、稳定、小型、高效率。

(1) 可靠。为了确保通信畅通,除了必须提高通信设备的可靠性外,还必须提高电源系统的可靠性。通常,电源系统要给许多通信设备供电,因此电源系统发生故障后,对通信的影响很大。

每个通信发达的国家,都把供电的可靠性列为对电源系统的主要要求。近年来由于微电子技术和计算机技术在通信设备中的大量应用,通信电源瞬时中断,也会丢失大量信息。同时,由于通信设备的容量大幅度提高,电源中断将会造成更大的影响。比如,许多大、中城市的电话局容量普遍在2~3万门以上,电信综合枢纽楼的装机容量和规模更大,担负的通信任务非常重要,一旦电源中断,将造成巨大的经济损失和极坏的政治影响。

为了确保可靠供电,由交流电源供电的通信设备都应当采用交流不间断电源(UPS),在直流供电系统中,应当采用整流器与电池并

联浮充供电方式。此外还必须提高各种通信电源设备的可靠性。现在较先进的开关整流器都采用多只整流模块并联工作的方法,这样当某一个模块发生故障时不会影响供电。目前,先进的通信电源设备的平均无故障时间可达 20 年。

(2) 稳定。各种通信设备都要求电源电压稳定,不能超过允许变化范围。电源电压过高,会损坏通信设备中的电子元件,电源电压过低,通信设备不能正常工作。此外,直流电源电压中的脉动杂音也必须低于允许值,否则,也会严重影响通信质量。

当通信设备由市电供电时,电网负载变化引起的电压瞬变对通信设备也有很大影响。因此,一般通信设备都由稳压电源供电。

(3) 小型。随着集成电路的迅速发展和应用,通信设备正在向小型化、集成化方向发展。为了适应通信设备的发展,电源装置也必须实现小型化、集成化。此外,各种移动通信设备和航空、航天装置中的通信设备更要求电源装置体积小,重量轻。为了减小电源装置的体积和重量,各种集成稳压器和无工频变压器的开关电源得到越来越广泛的应用。近年来,工作频率高达几百 kHz 且体积非常小的谐振型开关电源,在通信设备中也大量应用。

(4) 高效率。随着通信设备的容量日益增加,电源系统的负荷不断增大。为了节约电能,必须设法提高电源装置的效率。

我国通信设备的用电量日益增加,据国家统计局和邮电部公布的统计数字,1992 年邮电部门用电量为 25 亿 kWh,占当年全国发电量的 0.33%,1993 年该百分比上升到 0.45%,1995 年该百分比超过 0.5%。如果再加上其他专业通信网的用电量,这个百分比更大,因此,必须采用各种节能措施,提高能源利用率和经济效益。

节能主要措施是采用高效率通信电源设备,过去,通信设备大多数都采用相控型整流器,这种电源效率较低($< 70\%$),变压器损耗较大。而谐振型开关电源效率可达到 90% 以上,因此采用谐振型开关电源可以大大节约能源。

在通信设备的容量不断增加的情况下,大型和高层通信局(站)