

新型智能开关 电源技术

XINXING ZHINENG KAIGUAN DIANYUAN JISHU

●●● 刘贤兴 李众 李捷辉 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新型智能开关电源技术

刘贤兴 李 众 李捷辉 等编著



机械工业出版社

本书对现代通信系统所使用的新型智能开关电源技术做了全面系统的介绍,内容包括新型智能开关电源的发展方向、技术指标及性能;智能开关电源基础电路;智能高频开关电源系统;智能高频开关电源实用电路;智能高频开关电源主控元器件;智能高频开关电源的电磁干扰抑制;现代通信新型电池电源新技术以及新型智能开关电源技术的计算机仿真和最优优化设计。

本书内容丰富,紧密结合目前在通信中应用广泛的开关电源实用设备,实用性强,可供从事通信工程的技术人员及从事电源技术的研究、开发及应用人员阅读参考,也可供大专院校师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

新型智能开关电源技术/刘贤兴等编著. —北京:机械工业出版社, 2003.6

ISBN 7-111-12421-9

I. 新... II. 刘... III. 人工智能—应用—开关电源 IV. TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第048191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 吉玲 责任编辑:徐明煜 版式设计:霍永明

责任校对:李汝庚 封面设计:陈沛 责任印制:闫焱

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年8月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·18.5印张·454千字

0 001—4 000册

定价:30.00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

前 言

开关电源技术在 20 世纪 80 年代引入我国，如今已广泛应用于通信、工业、军事、航空航天、家电等领域，人们对它的研究、开发技术水平也越来越高。开关电源技术属于电力电子技术，它运用功率变换器进行电能变换，经过变换的电能可以满足各种用电要求，由于其高效、节能可带来巨大的经济效益，因此已引起社会各方面的重视，从而得到了迅速推广。

目前，国内开关电源自主研发及生产厂家大约有 300 家，形成规模的约有 10 家。国产开关电源已占据了相当大的市场，一些大公司自主开发的电源系列产品已获得广泛认可，在开关电源市场竞争中颇具优势，有一些产品已经开始出口。

通信新型智能开关电源系统是指对通信主机直接供电的系统，从广义上讲，它包括交流不间断供电和直流不间断供电两大部分。随着通信事业的发展，通信网络日益庞大，其在整个国民经济中的地位也变得越来越大。作为整个通信系统的原动力——通信开关电源，其地位也日益提高。随着现代通信设备的迅速发展，特别是微电子技术的发展，任何通信设备都离不开电源，开关电源设备的质量直接影响通信的质量。通信设备对开关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、新型智能开关电源、不停电电源、太阳能电源和程控电源等已开始应用于通信设备中。广大通信科技工作者迫切需要了解这些新型智能开关电源的原理、结构和使用。本书根据这些要求，介绍现代新型智能开关电源设备的理论和实用知识。

本书共分 10 章，着重从工程实用的角度来阐述通信开关电源系统。第 1 章阐述了现代通信电源的主要性能要求、技术规范和组成；第 2 章介绍了智能开关电源的功率变换电路、整流器分类、构成、负载均分技术、控制与驱动电路；第 3 章从工程实用的角度阐述了通信用智能开关电源整流模块的类型、结构、CPU 的性能参数和实用电路；第 4 章着重介绍通信用智能开关电源的监控原理、监控系统的硬件、软件构成和智能开关电源远程监控的实现；第 5 章从工程实用的角度阐述了通信用智能高频开关电源的系统结构、工作原理、技术参数和

实用电路；第6章介绍了通信机房电源配置、接地、防雷及各种保护措施；第7章介绍了通信用新型电池电源的类型、结构和工作原理；第8章介绍了通信智能高频开关电源监控系统 and 环境集中监控系统；第9章着重介绍了智能高频开关电源的电磁兼容性（EMC）涉及的内容、噪声的产生与抑制 EMC 设计和 EMC 的各种标准；第10章简要地介绍了通信智能高频开关电源的计算机仿真和最优化设计方法。

本书第1~3章由江苏大学刘贤兴同志编写，第4~5章由华东船舶工业学院李众同志编写，第6、8章由常州工学院张建生同志编写，第7、10章由江苏大学李捷辉同志编写，第9章和附录由江苏大学李金伴同志编写。对在本书编写过程中给予支持和帮助的同志，在此致以衷心的感谢。

本书内容新颖、深入浅出，系统全面地阐述了新型智能开关电源技术的基本原理和实用技术，紧密结合具体产品，因而具有较强的实用性、针对性。

由于本书编撰时间仓促，加之开关电源技术本身发展迅猛，书中的内容难免会有一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

前 言

第1章 现代通信开关电源技术

概论 1

- 1.1 现代通信设备对电源系统的要求 1
 - 1.1.1 概述 1
 - 1.1.2 我国通信电源系统的发展水平 2
- 1.2 现代通信电源系统的组成 6
 - 1.2.1 集中供电方式电源系统的组成 7
 - 1.2.2 分散供电方式电源系统的组成 13
 - 1.2.3 混合供电方式电源系统的组成 14
- 1.3 现代通信电源的主要性能要求和技术规范 16
 - 1.3.1 典型通信设备对开关电源系统的要求 16
 - 1.3.2 现代通信基础开关电源系统的设计指标和标准 17
 - 1.3.3 基础开关电源的使用和操作性能 18
 - 1.3.4 开关电源整流模块的电气性能要求 22
 - 1.3.5 通信设备对开关电源系统其他性能的要求 26

第2章 智能开关电源基础

电路 28

- 2.1 智能开关电源整流器的分类与构成 28
 - 2.1.1 智能开关电源整流器的发展过程 28
 - 2.1.2 开关整流器的基本构成原理

及特点 28

2.1.3 开关整流器的基本分类 29

2.2 智能开关电源的功率变换电路 30

2.2.1 单端正激式变换电路 30

2.2.2 单端反激式变换电路 32

2.2.3 推挽式功率变换电路 34

2.2.4 全桥式功率变换电路 34

2.2.5 半桥式功率变换电路 35

2.2.6 功率变换电路的比较与应用 36

2.3 谐振型智能开关电源技术 37

2.3.1 开关电源模块的几个技术参数分析 37

2.3.2 谐振型开关技术 38

2.3.3 谐振型开关电源的应用及发展趋势 40

2.4 智能开关电源的控制和驱动电路 40

2.4.1 控制电路 40

2.4.2 驱动电路 41

2.4.3 电流型 PWM 集成控制器 UC3842/3/4/5 的应用 42

2.5 智能开关电源的功率因数校正器 49

2.5.1 问题的提出 49

2.5.2 功率因数校正器的工作原理 50

2.5.3 选择高功率因数校正器的最佳拓扑 53

2.5.4 有源功率因数校正器 UC3854 54

2.6 智能开关电源的负载均分技术 57

2.6.1 负载均分的概念 57

2.6.2 一种脉宽调制 (PWM)

型负载均分电路	58	4.1.3 监控系统的构成	105
2.6.3 负载均流集成控制器		4.1.4 监控系统的管理	106
UC3907	59	4.2 通信接口与通信协议	107
2.6.4 负载均流集成控制器		4.2.1 串行通信的基本概念	107
UC3902	64	4.2.2 通信接口	108
第3章 通信用智能开关电源的		4.2.3 通信协议	110
 整流模块	68	4.3 DK系列智能开关电源监控	
3.1 概述	68	模块	111
3.1.1 智能开关电源的整流模块	68	4.3.1 性能与特点	111
3.1.2 整流模块逆变开关电路的		4.3.2 系统硬件及工作原理	112
选择	70	4.3.3 软件系统	113
3.1.3 整流模块功率变换方式的		4.4 MSS3000多媒体集中监控	
选择	72	系统	115
3.2 DMA10智能开关整流模块	73	4.4.1 系统的主要技术指标	115
3.2.1 DMA10的特点和技术		4.4.2 系统功能及特点	115
指标	73	4.4.3 系统监控对象及内容	116
3.2.2 DMA10的基本原理及		4.4.4 系统组网方式	118
构成框图	75	4.4.5 数据采集模块	121
3.2.3 DMA10的显示、参数		4.5 监控系统实例	123
设置及均流	77	4.5.1 JM—6A现场监控器	123
3.2.4 DMA10的故障查找及		4.5.2 PSMS动力设备及环境	
维护	83	监控系统	124
3.3 DMA12智能开关整流模块	86	第5章 通信用智能高频	
3.3.1 DMA12的特点和技术		 开关电源系统	127
指标	86	5.1 概述	127
3.3.2 DMA12的基本原理	87	5.1.1 发展概况	127
3.4 DMA14智能高频开关整		5.1.2 系统基本组成	127
流模块系统	88	5.1.3 性能指标	128
3.4.1 DMA14智能高频开关整		5.1.4 电路技术	129
流模块的技术参数	88	5.2 PS48600型智能高频开关	
3.4.2 DMA14智能高频开关整		电源系统	129
流模块的结构	90	5.2.1 系统简介	129
3.4.3 DMA14智能高频开关整		5.2.2 交直流配电系统	130
流模块的工作原理	92	5.2.3 整流系统	131
3.4.4 DMA14的操作与维护	97	5.2.4 监控单元	134
第4章 通信用智能开关电源的		5.3 谐振型通信开关稳压电源	134
 监控系统	103	5.3.1 SWICHTEC谐振型通信	
4.1 智能开关电源的监控原理	103	开关稳压电源系统	134
4.1.1 监控系统的基本功能	103	5.3.2 DPC400—II谐振型通	
4.1.2 系统监控的内容	103	信开关电源系统	139

5.4	KGB _T A 系列 UPS 系统	141	7.1.1	蓄电池的国内外发展动态	173
5.4.1	概述	141	7.1.2	蓄电池在通信电源系统中 的作用	174
5.4.2	KGB _T A 系列 UPS 的主要 性能和参数	142	7.1.3	通信用蓄电池的分类	176
5.4.3	KGB _T A 系列 UPS 整流器	143	7.2	铅酸蓄电池的基本工作原理 和应用	178
5.4.4	KGB _T A 系列 UPS 逆变器	147	7.2.1	铅酸蓄电池的基本工作原理	179
5.4.5	KGB _T A 系列 UPS 交流静态 开关	151	7.2.2	阀控式免维护铅酸蓄电 池的结构与特性	182
5.5	DUM23 智能型高频开关 组合电源系统	155	7.2.3	铅酸蓄电池的运行方式与 充电方法	185
5.5.1	DUM23 智能型高频开关 组合电源系统	155	7.3	镉镍蓄电池 (Cd-Ni Battery)	190
5.5.2	DUM23—48/300 II 智能型 高频开关组合电源系统	159	7.3.1	镉镍蓄电池的基本工作 原理	191
5.5.3	DUM23V 智能型高频开关 组合电源系统	164	7.3.2	密封镉镍蓄电池的工作 原理和特性	192
第 6 章 通信机房电源 配置		168	7.4	金属氢化物镍电池 (MH-Ni Battery)	194
6.1	概述	168	7.4.1	金属氢化物镍电池的 基本工作原理	195
6.1.1	通信机房电源的概念	168	7.4.2	密封金属氢化物镍 电池的结构	196
6.1.2	通信机房电源的发展	168	7.4.3	金属氢化物镍电池的 主要特性	197
6.1.3	通信机房电源的组成	168	7.4.4	NH-Ni、Cd-Ni 电池的 快速充电方法	197
6.2	交流电源的设置	168	7.5	锂离子电池 (Lithium-Ion Battery)	200
6.2.1	交流电源供电系统的结构	169	7.5.1	锂离子电池的工作原理和 结构	200
6.2.2	电源容量的确定	169	7.5.2	锂离子电池的充放电特性	201
6.3	直流电源的设置	169	7.5.3	锂离子电池中的安全措施	202
6.4	接地、防雷及各种保护 措施	169	7.6	太阳能电池	204
6.5	电力蓄电池机房的设计	170	7.6.1	概述	204
6.5.1	与整流设备组合为直 流浮充供电系统	170	7.6.2	硅太阳能电池的基本工作 原理和结构	205
6.5.2	通信直流电源系统对 电力蓄电池的要求	170	7.6.3	硅太阳能电池的等效电路 和伏安特性	206
6.5.3	电力蓄电池的分类及性能	171	7.6.4	太阳能电池的种类	208
6.5.4	电气参数的设计要求	172	7.6.5	太阳能电池的组装方式	209
第 7 章 通信用新型电源 电池		173	7.6.6	太阳能电池供电系统	210
7.1	通信用蓄电池的发展动态和 分类	173			

7.6.7 太阳能通信电源的供电 电路和控制电路	219	(EMI) 抑制的滤波器	241
第 8 章 通信电源和环境集中 监控系统	222	9.6 新型智能开关电源电磁兼容 性的有关标准	247
8.1 智能监控系统	222	9.6.1 新型智能开关电源的电磁干扰 (EMI) 标准	247
8.2 系统监控的组成与结构	223	9.6.2 电磁脉冲 (EMP) 标准	247
8.3 智能高频开关电源设备防雷接地 ..	224	9.6.3 信息技术设备的电磁兼容性 标准	248
第 9 章 新型智能开关电源的电磁 兼容性	226	9.6.4 国际电磁兼容通用标准简介	252
9.1 概述	226	第 10 章 新型智能开关电源 仿真的方法	256
9.1.1 电磁兼容技术的发展动态	226	10.1 开关电源的计算机仿真方法	256
9.1.2 电磁干扰源的分类	227	10.1.1 新型智能开关电源的仿真 方法	256
9.2 新型智能开关电源的电磁兼 容性 (EMC) 涉及的内容	228	10.1.2 新型智能开关电源电路的 建模和仿真分析方法	257
9.2.1 电磁干扰 (EMI) 产生的 形式	228	10.1.3 用于新型智能开关电源的 SPICE 和 IsSPICE 仿真软件	258
9.2.2 电磁敏感度 (EMS) 的 测量	229	10.2 MATLAB 在新型智能开关 电源仿真中的应用	259
9.2.3 雷电产生的电磁脉冲 (EMP)	229	10.2.1 MATLAB 简介	259
9.2.4 静电放电 (ESD) 的性 能指标	229	10.2.2 MATLAB 的使用方法	260
9.3 新型智能开关电源的电磁 兼容性 (EMC) 的设计	230	10.2.3 电力电子器件的 MATLAB/ SIMULINK 仿真模型	262
9.3.1 新型智能开关电源电磁干扰 (EMI) 滤波器的设计	230	10.2.4 MATLAB 在开关电源仿真 中的应用	266
9.3.2 新型智能开关电源电磁脉冲 (EMP) 的设计	231	10.3 IsSPICE 仿真软件及其在开 关电源仿真中的应用	270
9.3.3 新型智能开关电源系统电磁兼 容的设计	232	10.3.1 IsSPICE 仿真软件的组成及 功能特点	270
9.4 电磁辐射与传导噪声的测量 方法	233	10.3.2 开关电源的基本变换器仿真 示例	271
9.4.1 概述	233	10.4 新型智能开关电源的最优化 设计方法	276
9.4.2 传导噪声的测量方法	234	10.5 开关电源工程最优化的基本 内容	277
9.4.3 辐射噪声的测量方法	236	10.6 开关电源应用最优化设计方 法的几个问题	280
9.4.4 吸收钳位法	237	附录	283
9.5 新型智能开关电源对电磁干扰 抑制所用的器件	238	参考文献	285
9.5.1 对 EMI 抑制所用的器件	238		
9.5.2 新型智能开关电源电磁干扰			

第 1 章 现代通信开关电源技术概论

1.1 现代通信设备对电源系统的要求

1.1.1 概述

随着我国通信事业的迅速发展，电源作为通信的能源系统，其发展也异常迅速，特别是进入 20 世纪 90 年代以来，通过几年的发展变化，可谓面貌全新。通信电源装备的全面更新和技术水平的提高，已是有目共睹的事实。

简单回顾历史，我国从 1963 年开始研制晶闸管整流器，并较快地取得了成果，于 1967 年形成系列并得到普遍应用，淘汰了电动机发电机组、硒整流器。1965 年开始研制逆变器及 DC/DC 变换器。

改革开放以来，特别是进入 20 世纪 90 年代，我国通信建设发展的速度令世界震惊，通信电源也愈来愈受重视，并得到了异常迅速的发展。主要原因有：

第一，改革开放的大环境，使我们实实在在地了解到国外通信电源的发展和装备的实际水平，这无疑给了我们极大的促进。

第二，大市场使我国通信电源的产业力量迅速扩大。这其中有国外独资生产厂家，有内外合作引进技术（SKD 或 CKD 方式）的生产厂家及国内自行研制开发生产厂家。这些厂家如雨后春笋般应运而生，各显其能，充满了勃勃生机，对推动我国通信电源装备的发展发挥着巨大作用，彻底改变了仅靠几个厂家研制生产电源装备的局面。

第三，大竞争迫使着电源装备的技术水平和产品质量不断提高。市场经济必然要进行激烈残酷的竞争，技术水平不高、质量不好的产品将难以生存。目前，电源装备市场面临着国外和国内同类产品多方面的竞争。产品质量水平的提高，是立于不败之地的根本，这是大家公认的。

第四，我国加强了质量管理和质量控制的力度，使电源装备的技术水平和性能指标迅速提高。

通常将通信电源称为通信设备的核心，在通信局（站）中，它们具有无可比拟的重要地位。近年来，我国通信事业飞速发展，各种通信设备被大量应用。目前，我国主要的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定或纹波电压过大，就会降低通信质量，甚至导致无法正常通信。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 为了确保通信线路的畅通，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。通常一个电源系统要给许多通信设备供电，因此一旦电源系统发生故

障，对通信的影响是很大的。

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。近年来由于在通信设备中大量应用微电子技术和计算机技术，即使通信电源瞬时中断，也会丢失大量信息。同时，由于通信设备容量的大幅度提高，电源中断将会造成更大的影响。比如，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噪声也必须低于允许值，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的影响。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、集成化的方向发展。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，在通信设备中也得到大量应用。

(4) 高效率 随着通信设备容量的日益增加，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，据国家统计局和原邮电部公布的统计数字，1992年邮电部门用电量为25亿kW·h，占当年全国发电量的0.33%，1993年此百分比上升到0.45%，1995年此百分比超过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，必须采取各种节能措施，提高能源利用率和经济效益。

节能的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%），变压器损失较大。谐振型开关电源效率可以达到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）所需的总电流可达5000~6000A，直流汇流条允许压降为2V，因此汇流条每年的耗电量将达到10万kW·h。由此可知，采用集中供电系统，将造成巨大的能源损耗，为了节约能量，应尽量采用分散供电系统。有些通信设备（比如微波中继通信设备）和光缆干线无人值守站，还采用了太阳能电源和风力发电系统。

1.1.2 我国通信电源系统的发展水平

原邮电部实行了国家通信网通信装备（包括电源设备）入网证的制度，为此成立了16个质量监督检验中心，其中从事通信电源设备质量监督检验的有两个：一个是邮电部通信电

源设备质量监督检验中心，另一个是邮电部工业产品质量监督检验中心。它们的任务是进行入网产品的质量检验，同时又承担了质量监督工作。在设备入网时它们必须对产品进行质量体系认证和产品质量认证，所采用的检验细则对国内外产品是一致的。也就是说，国内与国外产品在进网时采用同一标准，并通过质量监督来保证产品质量的稳定性。

邮电部通信电源设备质量监督检验中心承担全部通信电源设备的检测和监督任务，并承担或参与国家标准、通信行业标准的制定和有关标准内指标的验证等工作。1997年7月正式开始检测工作，12月通过了国家技术监督局的计量认证和原邮电部的审查认可，在人员素质、仪器装备、环境条件、管理软件等方面得到了较高的评价。许多国内外通信电源专家认为它们的检测装备是一流的，检测数据和结果无可置疑。目前该中心主要对开关电源、密封铅酸蓄电池、UPS、交流稳压器等设备开展检测工作。

下面从质量检测和开发研制的角度介绍我国通信电源装备的发展情况。

1. 高频开关电源

(1) 主要器件的采用 我国用于高频开关电源的电子器件，诸如功率 MOS 场效应晶体管 (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor——MOSFET)、绝缘栅双极晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor——IGBT)、快速二极管、高频磁性元件、高频电容等主要器件目前均依赖进口，只是选型在个别等级上有所不同，总的来讲与国外设备无太大差异。

(2) 电路技术 目前我国生产的高频开关电源主要采用固定频率 PWM (脉宽调制) 调压方式的变换电路，这种电路已是一种非常成熟的技术，具有设计简单、可靠性高、生产制造方便、成本低等优点，是目前国内外开关电源普遍采用的电路。也有个别产品采用了调频谐振电路，但尚未成为主流。

为提高变换频率、降低开关损耗，ZCS (零电流) 和 ZVS (零电压) 开关技术已被广泛采用。在具体产品中有的分别采用，有的则是混合采用，比如有的全桥电路采用的四只 MOSFET 均为 ZVS，而有的全桥电路则采用两只 ZVS、两只 ZCS。

应用 IGBT/MOSFET 并联技术以达到减小损耗、提高效率的目的。MOSFET 是电压驱动的电子器件，其驱动电路简单、驱动功率小，本身不存在存储效应，因此其导通和关断时，上升和下降速度较快、开关损耗小，极适合于在很高的开关频率下工作。但是在高电压大电流的情况下，其通态时的损耗大。IGBT 是一种功率场效应晶体管和晶体管的复合器件，因而其具有场效应晶体管的特点，采用电压驱动，开关速度快；同时又具有晶体管的特点，通态损耗小，但有存储效应，关断时间长、损耗大。

根据以上两种器件的特点，采用并联技术，可发挥它们各自的优点，弥补缺点，使之既有 IGBT 通态损耗小的特点，又具有 MOSFET 开关损耗小的特点。这种并联开关技术，在国内外产品中均有应用。

高频开关整流器是一种非线性负载，是一个谐波源，其功率因数由位移因数 (即通常说的电压与基波电流相位差的余弦) 和畸变因数 (即基波和谐波总有效电流之比) 的乘积所决定。校正的目的不仅是为减小无功功率、提高电能的利用率，而且是为减小对电网的污染，达到谐波电流限值的要求所必须采取的措施。目前，国内外的高频开关电源，除了功率很小的以外，单相输入的 (包括由三个单机组成三相带中线) 均采用有源校正技术。校正的结果是电流、电压的相位基本相同，波形相似，接近于正弦波，总谐波失真率很低，满载时不超过 5%。谐波含量是以奇次为主，一般情况下 3 次谐波的含量最大。如果是由单相组成的三

相输入带中线的开关电源，因三相谐波电流是相加的，在中线上就有较大的 3 次谐波电流。因此，这种整流器要求中线的截面与相线一样。有源校正的功率因数可达到 0.995 以上。对于真三相输入（无中线）的开关电源，一般采用无源校正。无源校正电路简单、经济可靠，功率因数最高可达到 0.94。

(3) 性能与指标 开关电源的性能包括输入电压范围、输出电压调节范围、并联均分、限流保护报警、三遥等方面，国内外设备无太大的差异。国产设备的某些性能，如输入电压范围、限流范围等更适合我国国情。技术指标包括：

1) 效率：作为通信电源设备，提高效率是研制者追求的主要目标之一，不少厂家都为实现这一目标而潜心研究。因为效率的提高不仅可达到节能的效果，而且可以使设备的热设计变得简单，器件的工作环境得到改善，并可以提高其运行的可靠性和稳定性。目前，除很小容量和较老型号的产品效率较低外，一般低的为 87%，高的达到 93%，因设备不同而不同，多数在 89%~92% 之间。

2) 功率因数：三相无源校正的功率因数在 0.88~0.94 之间，单相有源校正的功率因数在 0.97~0.999 之间。

3) 稳压精度：在常温满载状态下，稳压精度一般都在 0.5% 以下，稳压精度高的为 0.06%~0.2%，低的为 0.3%~0.4%。在这一指标上国内外产品的水平相当。

4) 噪声电压：噪声电压包括衡重噪声、宽频噪声、峰峰值噪声及离散噪声。国内外标准主要定出了衡重及宽频噪声的指标。

对于离散噪声，在美国、欧洲等的标准中均无规定。我国的标准是参照了上海贝尔公司引进的比利时交换机（1240）的标准提出来的。这些规定的渊源及在通信中实际会产生什么影响，至今尚未得到明确的解释。而在测试中，一般都无问题。

5) 动态特性：由于标准规定的不同，不少国外设备的起动冲击电流超出规定，要经过调整才能达到要求。我国标准规定起动冲击电流不大于最大输入电流有效值的 150%。

抑制起动冲击电流，主要是考虑到系统运行的安全性，避免对电源的污染及避免输入开关的误动作。对输入开关起作用的是冲击能量，包括冲击波形的幅度和宽度（时间），而标准中只限制幅度，未考虑其冲击时间。就性能指标来看，我国与国外产品相比，处在同一水平线上。

(4) 智能化程度 就模块而言，其内部有的有 CPU，有的则没有。国内外产品都是如此。任何形式的高频开关电源系统都设有监控模块，采用智能化管理，其管理容量、内容、智能化程度都日趋完善。对于电池的管理，国内外研究人员都在进行这方面的努力。

(5) 制造工艺及体积重量 我国开关电源设备的制造工艺水平在不断提高，并且已取得了长足的进步。但总的说来，与国外相比还存在不小的差距，特别是在一些细小环节的处理和国产部件的制造上尤为明显。

体积和重量的大小取决于电路设计、元器件及各种材料的选用、工艺设计、热设计等诸多因素。国外新推出的产品在一个约 2m（45U）的标准机架上，装 20 个 48V/100A 的开关整流器，包括内部配电单元和一个监控模块。这种 48V/100A 的模块，质量只有 17~23kg，我国目前还很难做到。

(6) 关于电磁兼容性 电磁兼容性（EMC）愈来愈被人们所重视，不少国家和地区已开始采取强制性措施。作为一项安全指标，不通过检测是不允许推向市场的。欧洲共同体规

定，自1996年1月开始，对电子设备必须进行EMC的测试，实施EMC法。最近对电源设备由邮电部通信计量中心参照国际无线电干扰特别委员会规定的CISPR—II标准、国际电联标准ITU—R、国际电工委员会标准IEC—1000—3、IEC—1000—4等国际标准并引用了有关国家标准，起草制定了中华人民共和国通信行业标准《通信电源设备电磁兼容性限值及测定方法》（征求意见稿）。熟悉本行业的人都知道，在引进设备的技术资料中，都有这方面的指标，如符合VDE0871（德国标准）、符合FCC标准（美国联邦通信委员会标准）等。目前，国产设备尚未提供这方面的指标。在入网检测中，对此尚未进行测试。但这只是时间的问题，不久必须对这方面的指标进行测试。

EMC包含四部分的内容：

1) 电磁干扰（EMI）：是指设备运行时产生的电磁干扰信号电平，包括传导干扰和辐射干扰。

2) 电磁敏感度（EMS）：即抗干扰性能，要求设备能承受一定水平的传导和辐射信号的影响。

3) 电磁脉冲（EMP）：即尖峰脉冲信号的性能。

4) 静电放电（EMD）：即抗静电放电的性能。

将来主要测试的是EMI。目前我国研制生产的开关电源中，这些指标尚未引起生产厂家的足够重视，有的甚至尚未考虑。例如我们在检测过程中仅对个别三相输入模块测试了谐波电流，结果不容乐观。电流谐波畸变在30%以上，5次谐波系数 K_5 达到25%以上，与第一级设备谐波限值相差甚远，所以必须引起设备生产厂家的注意。

2. 蓄电池

我国目前在通信局站中使用的蓄电池基本上是阀控式密封铅酸蓄电池，取代了过去常用的防酸型铅酸蓄电池，尽管密封铅酸蓄电池本身还有需要不断改进和研究的地方，在使用中也有不尽人意之处，例如容量状态的检查比较困难等。对于防酸电池，通过对酸液比重的测量可以准确地判断其容量状态；而对于密封电池，这种办法却无法使用。为此，美国推出一种测量电池电导的方法，对电池的状态进行测试。国内已开发了这方面的产品，我们做了一些研究和测试，得出以下观点：电池的端电压与电池容量的相关性很小，但其电导却与电池容量有很高的相关性，相关系数在0.8以上；对各种电池和状态通过对其电导的测量，经与本身原始参数的比较，可以定性判断其容量状态，但要想定量判断则比较困难。另外，阀控电池如想获得较长的使用寿命，对使用条件和环境要求比较严格。一般来说，它比防酸电池的寿命要短，但它的维护量小，特别是免除了调酸加水，不再有酸雾溢出，避免了空气污染。通过叠放减小安装使用面积，从而使其得到普遍采用。

我国现在使用的电池来源大致可分为三种：一是直接引进国外产品，世界各国的电池厂家几乎无一不在开拓中国市场；二是引进国外的装备和生产技术、工艺进行生产；三是国内自行开发生产。

想通过短时间的检测就对蓄电池做出全面的质量评价是很困难的，如寿命、运行的稳定性、可靠性都不可能在规定时间内做出结论。这些只能通过实际使用才能有准确的结果。

从检测的情况来看，不少国产蓄电池存在的问题主要有以下几点：

第一，国内自行开发生产的电池容量的富余量一般都很大。以10小时率容量为例，容量高的可达到标称值的140%以上，也就是说标称1000A·h的电池可达到1400A·h以上，

容量低的也在 120% 以上。容量加大了，必然要加大铅和酸的投入量，电池的重量体积增加、成本加大。容量大会受到用户的欢迎，但这决不能算是一种规范的产品。国外生产的蓄电池，对电池容量卡得很紧，或者说是很准的。富余量决不会超过 10%。蓄电池看起来简单，实际上却是一种非常复杂的技术产品，每年国际电信能源会议上的论文集大约有 1/4 以上的文章是研讨蓄电池的。

第二，工艺较粗糙。外部表现在外观、电池壳、盖、极柱、安全阀等制造工艺较为粗糙，密封性也不好，内部表现在各个技术环节的处理上与国外产品差距较大。原因是自己生产的东西少，买来的东西多，如壳子、盖子、安全阀等都是外购，质量难以自行控制。

第三，技术投入少，满足于近期效益。大家都明白，电池出现问题往往是慢性的，只能通过长期运行才能显出真面目。气密性由于材料的老化、工艺不当，时间长了就会出现。密封阀时间长了能否保持稳定开闭，闪阀压力、极柱膨胀、隔板的分层等均需时间才能暴露。所以，仅仅通过短时间几个项目的检测，难以评价其水平的高低。总的说来，我国蓄电池产品质量水平发展很不平衡，有的不比国外现有产品差，而有的的确是存在较大的差距。

3. 关于监控系统

动力监控现在在我国搞得红红火火，从事研究开发的公司和厂家多得难以统计，已经开始运行的局站也有不少，资金投入相当可观。

监控系统所采用的硬件、软件平台、开发环境都比较成熟，为监控系统进一步发展完善提供了良好条件。监控系统的监控内容及功能日趋完善，所依据的标准有原邮电部颁发的技术要求、电总的技术要求或者各省制定的技术要求。就监控系统而言，与国外相比监控内容多，有数据、表格、图像、模拟量的测量、运行状态、设备控制、故障报警等应有尽有，几乎包括设备的所有参数和状态。规模大，少则几个局站，多则上百个局站，监控网络的构成复杂。以上这一切，国外无法相比。建立一套规模庞大的监控系统所达到的目的是衡量其是否真正先进的标准。搞监控的目的在于解放劳动力，实现局站的无人值守；提高动力设备运行的稳定性和可靠性；提高动力、空调设备运行的经济性。这就要求监控系统有更高的智能化程度和数据处理能力，如采集数据的作用是通过分析处理对设备进行预诊断，在事故发生以前进行预报警以防患于未然，变被动维护为主动维护。另外，根据负荷的变化和环境条件的变化进行必要的设备运行参数的调节，以达到最佳经济性的运转。在达到以上目的的前提下，监控系统结构简单、成本低、维护工作量小，才能真正体现出其先进程度。当然，这主要反映在软件开发的水平上。现在设备可靠性大大提高，如开关电源的平均无故障工作时间都在 10 万 h 以上，本身管理系统智能化程度都很高。在正常运行的过程中，无需人为的进行干预。如果预报警能够可靠准确，就能保证可靠稳定的供电。

1.2 现代通信电源系统的组成

为各种通信设备及与通信有关的建筑负荷供电的多种电源设备组成的系统，称为通信电源系统。该系统由交流供电系统、直流供电系统和相应的接地系统组成。为了保证稳定、可靠、安全的供电，通信电源系统采用的供电方式有集中供电、分散供电和混合供电。

1.2.1 集中供电方式电源系统的组成

集中供电方式电源系统的组成如图 1-1 所示。该系统由交流供电系统、直流供电系统、接地系统和集中监控系统组成。

1.2.1.1 交流供电系统

1. 交流供电系统的组成

通信电源的交流供电系统包括变电站供给的交流电源（高压市电或低压市电）、油机发电机供给的自备交流电源以及由整流器、蓄电池和逆变器组成的交流不间断电源。电信局的电源一般都由高压电网供给。为了提高供电可靠性，重要通信枢纽局一般都有两个变电站引入两路高压电源，并且用专线引入，一路主用，另一路备用。

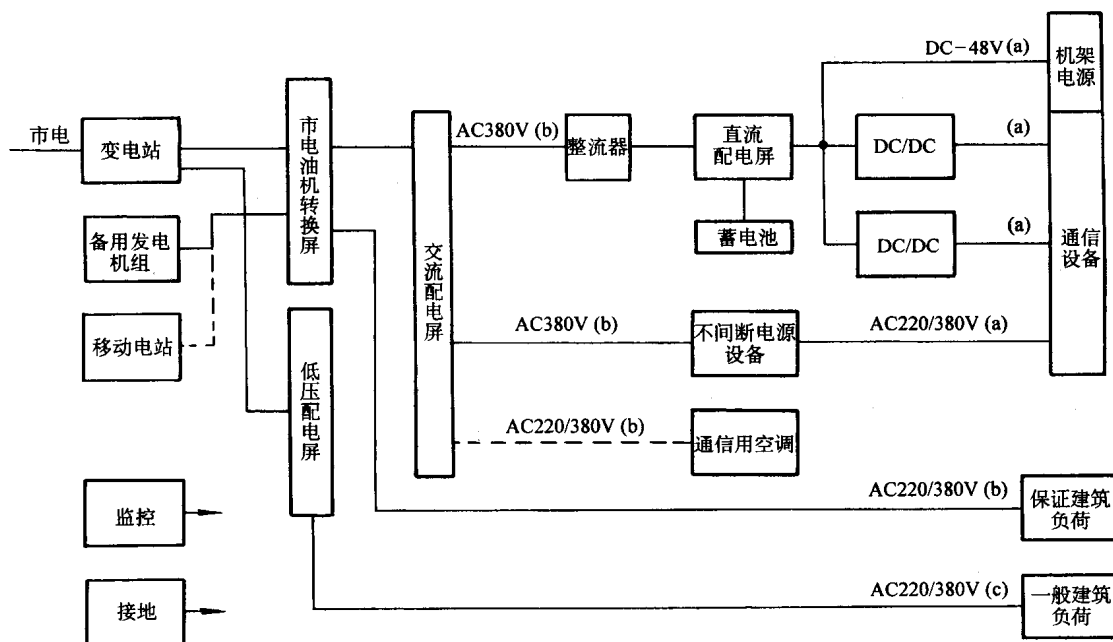


图 1-1 集中供电方式电源系统框图

(a) 不间断 (b) 可短时间中断 (c) 允许中断

电信局内通常都设有降压变电室，室内装有高、低压配电屏和降压变压器。通过这些变、配电设备，先把高压电源（一般为 10kV）变为低压电源（三相 380V），然后供给整流设备和照明设备使用。

为了缩短低压供电线路，可将降压变电站设在高层通信大楼的主楼内。此时，电力变压器应选用干式变压器，配电设备中的高压开关应选用户内高压真空断路器。

为了不间断供电，电信局内一般都配有油机发电机。当市电中断时，通信设备可由油机发电机供电。目前国内已开始采用无人值守自动起动油机发电机，当市电中断后，这种油机发电机能自动起动。由于市电比油机发电机供电更经济，所以在有市电的条件下，通信设备一般都应由市电供电。

低压市电和油机发电机的转换通过低压交流配电屏完成。低压交流配电屏可以将低压交流电分别送给整流器、照明设备和空调装置。此外，它还能监测交流电压和电流的变化，当

市电中断或电压发生较大变化时，能够自动发出警告信号。

为了确保通信电源不中断、无瞬变，近年来，在卫星通信地球站等通信系统中，已开始采用静止型交流不间断电源。这种电源系统一般由蓄电池、整流器、逆变器和静态开关等部分组成。当市电正常时，其经整流和逆变后给通信设备供电，此时，蓄电池处于并联浮充状态。当市电中断时，蓄电池通过逆变器（DC/AC 变换器）给通信设备供电。逆变器和市电的转换由交流静态开关完成。

2. 交流不间断供电系统微电脑控制器

随着通信技术的迅速发展，计算机在通信设备中的应用日益普及。由于计算机不允许电源中断，所以必须由 UPS（不间断电源）供电。通常 UPS 的供电时间都比较短，当市电停电时间较长时，为了保证不间断供电，必须大大增加 UPS 中蓄电池的容量，同时，为了保证电池充足电，还必须增加 UPS 中充电器的输出电流。有时需要专用的充电器对大容量的电池进行充电。目前，在 UPS 中大量应用的免维护铅酸蓄电池的体积较大，而且价格昂贵。为了降低成本、减少蓄电池所占用机房的面积，许多部门都采用油机发电机作为备用电源。这样当市电中断后，UPS 只需短时间供电，然后由油机发电机供电。为了实现无人值守，油机发电机必须能够自动起动、自动供电，并且当市电恢复正常后，油机发电机应能快速停机，将负载转换到由市电供电。目前，这种无人值守的油机发电机已开始应用，但是许多普通的油机发电机尚无此功能，为了使普通的油机发电机具备无人值守油机发电机的功能，可采用全自动交流供电微电脑控制器。

(1) 全自动交流供电微电脑控制器的主要功能如下：

1) 自动起动油机发电机：市电停电后，该控制器中起动（START）继电器的一组触点接通，使油机发电机的起动按钮自动接通，因此，油机发电机可自动点火起动。油机发电机因故障不能起动时，该控制器能发出起动失败声光报警信号。

2) 油机发电机自动投入供电：油机发电机自动起动后，经过 1~3min（可选）的预运行，待各项参数达到正常值后，该控制器中的切换开关自动转换，使负载改由油机发电机供电。

3) 油机发电机自动退出供电：在油机发电机供电状态下，当市电恢复后，该控制器中的切换开关可切断油机发电机的供电，并立即转换到由市电供电。

4) 油机发电机自动停机：油机发电机因市电恢复而退出供电且空载运转满 15min 后，该控制器的停机（STOP）继电器动作，使油机发电机自动停机。油机发电机因故障不能自动停机时，该控制器能发出停机失控声光报警信号。

5) 自动控制油机发电机定期运行在市电长期不中断的情况下，油机发电机就长期不能运行。这样汽油机化油器中的汽油质量将变差，蓄电池的电压也将下降。一旦市电中断，油机发电机很难立即起动。为了克服这个缺点，该控制器中加入了控制油机发电机定期运行的功能。市电连续 14 天（可选择）未中断时，该控制器将自动起动油机发电机，发电机空载运行 15min 后自动停机。此外，也可以用手动方式控制油机发电机定期运转。市电连续 14 天未中断时，该控制器将发出声光信号，用户可用手动方式起动油机发电机。起动后发电机空载运行 15min 后自动停机。

6) 5min 延时切换（可选）：油机发电机与市电的切换时间通常为 1s。当负载为制冷压缩机且制冷系统又不断电延时保护器的情况下，为了避免供电转换时损坏压缩机，该控制器