

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材



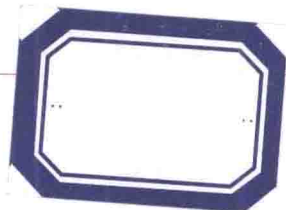
专业关键技术教材

高速铁路通信技术 ——通信电源与防雷

© 中国铁路总公司

GAOSU TIELU TONGXIN JISHU
TONGXIN DIANYUAN YU FANGLEI

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材

专业关键技术教材

高速铁路通信技术

——通信电源与防雷

中国铁路总公司

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书为中国铁路总公司组织编写的高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材之一,是通信专业关键技术教材。全书共九章,主要包括:通信用 UPS 系统与逆变器、通信用直流供电系统、油机发电机组、蓄电池、新能源新技术简介、通信电源工程设计案例、通信电源及机房环境监控系统、通信防雷与接地等。

本书适用于高速铁路通信专业技术人员培训,也可供通信电源与防雷设备运用管理人员学习,对各类职业院校相关师生学习也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路通信技术. 通信电源与防雷/中国铁路总公司编著. —北京:中国铁道出版社, 2014. 3

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材
ISBN 978-7-113-17192-6

I. ①高… II. ①中… III. ①高速铁路—铁路通信—电源—技术培训—教材②高速铁路—通信设备—防雷—技术培训—教材 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 228974 号

书 名: 高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材
名: 高速铁路通信技术——通信电源与防雷
作 者: 中国铁路总公司

责任编辑: 崔忠文 编辑部电话: (路) 021-73146 电子信箱: dianwu@vip.sina.com
(市) 010-51873146

编辑助理: 亢嘉豪
封面设计: 崔丽芳
责任校对: 马 丽
责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 30.25 字数: 707 千

书 号: ISBN 978-7-113-17192-6

定 价: 138.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010) 51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010) 51873659,路电(021) 73659,传真(010) 63549480



Preface 前言

党的十六大以来,在党中央、国务院的正确领导下,我国铁路事业得到了快速发展,目前,中国高速铁路运营里程已经位居世界第一。在建设和运营实践中,我国高速铁路积累了丰富的经验,取得了大量创新成果。将这些经验和成果进行系统总结,编写形成规范的培训教材,对于提高培训质量、确保高速铁路安全有着十分重要的意义。为此,中国铁路总公司组织相关专业的技术力量,统一编写了这套高速铁路管理人员和专业技术人员培训系列教材。

本套培训教材共分高速铁路行车组织、机务、动车组、供电、工务、通信、信号、客运 8 个专业,每个专业分为科普教材、专业关键技术教材和案例教材三大系列。科普教材定位为高速铁路管理人员普及型读物,对本专业及相关专业知识进行概论性介绍,学习后能够基本掌握本专业所需的基本知识、管理重点、安全关键;专业关键技术教材定位为高速铁路专业技术人员使用的学习用书,对本专业关键技术进行系统介绍,学习后能够初步掌握本专业新技术和新设备的运用维护关键技术;案例教材定位为高速铁路岗位人员学习用书,对近年来中国高速铁路运营实践中发生的典型案例及同类问题的处理方法进行总结归纳,学习后能为处理同类问题提供借鉴。

本书为通信专业关键技术教材《高速铁路通信技术——通信电源与防雷》,对通信电源与通信防雷技术进行了深入浅出的讲解和分析。

通信电源是通信系统的重要组成部分。通信的可靠性和通信质量,与电源系统的供电可靠性和供电质量密切相关。通信电源系统稳定、可靠、安全供电是保持通信畅通的前提与基础,这一点在高速铁路通信系统中尤为重要。为了保证通信网络的安全可靠运行,还必须提高设备防御雷电袭击的能力,并广泛采用通信电源及机房环境监控系统,以提高运用维护质量和劳动生产率。

全书共九章,主要内容包括:通信用 UPS 系统与逆变器、通信用直流供电系

统、油机发电机组、蓄电池、新能源新技术简介、通信电源工程设计案例、通信电源及机房环境监控系统、通信防雷与接地。本书内容融入了中国通信运营企业普遍采用的先进电源技术和运用维护经验,反映了我国相关通信行业标准的要求,并力求概念准确、易懂、实用。期望本书能为提高铁路通信电源系统的运行和维护水平做出贡献。

本书有幸邀请到“中国通信标准化协会——通信电源与通信局站工作环境技术工作委员会”的熊兰英、侯福平、王殿魁、王平、高健五位专家参与书中重点章节的撰写。本书由王铨主编,王平副主编,张乐军主审。参加编写人员有:熊兰英(第一章第一节、第六章),王平(第一章第二节,第二、五、七章的部分内容),王铨(第一章第三节、第四节,第三章的部分内容),侯福平(第二章、第三章),高健(第四章、第五章、第九章)、王殿魁(第七章、第八章),姜秋妍(第九章)。参加审定人员有:王国雨、焦汇海、覃阳、张金宝。

由于近年来高速铁路技术发展较快,同时编者的水平及精力所限,本书内容不全面、不恰当甚至错误的地方在所难免,热忱欢迎使用本书的广大读者以及行业内专家学者对本书提出批评、指正意见,以便编者对本书内容不断地改进和完善。

编 者

二〇一三年六月



Contents 目 录

第一章 绪 论	1
第一节 通信电源的发展现状及趋势	1
第二节 铁路通信电源系统的组成及供电结构	3
第三节 铁路通信电源供电标准	13
第四节 铁路通信电源设备的电磁兼容性	16
第二章 通信用 UPS 系统与逆变器	23
第一节 概 述	23
第二节 UPS 的工作原理、组成及结构特点	27
第三节 在线式 UPS 的工作原理及功能特点	28
第四节 UPS 系统的冗余工作模式	39
第五节 模块化 UPS	46
第六节 UPS 的电气性能指标及技术要求	50
第七节 常用 UPS 供电系统及维护	61
第八节 UPS 系统的安装、调试和验收	77
第九节 UPS 系统的日常维护管理	83
第十节 UPS 系统故障分析及处理	89
第十一节 UPS 故障案例分析及处理	94
第十二节 逆变电源	120
第三章 通信用直流供电系统	135
第一节 概 述	135
第二节 通信用直流供电系统的结构和主要性能	139
第三节 高频开关型电源的基本原理	148
第四节 直流供电系统的工程安装、验收及割接	166
第五节 直流供电系统的安全运行	181
第六节 常见直流供电系统及其维护	192

第四章 油机发电机组	213
第一节 概 述	213
第二节 内燃机的构造和原理	217
第三节 发电机原理	239
第四节 发电机组控制原理	245
第五节 柴油发电机组的使用和维护	252
第六节 发电机组的选型	255
第七节 柴油发电机组的测试	256
第八节 柴油发电机组的常见故障处理	264
第九节 小型发电机组的介绍	278
第五章 蓄 电 池	281
第一节 概 述	281
第二节 阀控式密封铅酸蓄电池的结构及工作原理	285
第三节 蓄电池组的测试	314
第六章 新能源、新技术简介	324
第一节 太阳能供电系统	324
第二节 风力供电系统	328
第三节 太阳能/风力互补供电系统	332
第四节 高压直流供电系统	334
第五节 通信用磷酸铁锂电池技术	342
第六节 燃料电池供电系统	352
第七章 通信电源工程设计案例	361
第一节 UPS 电源系统	361
第二节 高频开关电源系统	368
第三节 交、直流负荷开关及熔断器的选取	372
第四节 移动通信基站电源设计案例	377
第八章 通信电源及机房环境监控系统	381
第一节 通信电源及机房环境监控系统概述	381
第二节 通信电源及机房环境监控系统的组网	385
第三节 通信电源及机房环境监控系统的功能	395
第四节 通信电源及机房环境监控系统的硬件和软件要求	406
第五节 通信电源及机房环境监控系统的数据采集模块	408
第六节 图像监控	417



第七节 通信电源及机房环境监控系统的维护管理.....	419
第九章 通信防雷与接地.....	423
第一节 雷电过电压防护技术原理.....	423
第二节 接地概述.....	426
第三节 雷电过电压防护器选型	439
第四节 防雷与接地系统设计.....	441
参考文献.....	475



第一章 绪 论

电源技术是一种应用功率半导体器件,综合电力变换技术、现代电子技术、自动控制技术等多学科的边缘交叉技术。随着科学技术的发展,电源技术又与现代控制理论、材料科学、电机工程、微电子技术等许多领域密切相关。电源技术已逐步发展成为一门多学科互相渗透的综合性技术学科。例如:当前许多高新技术均与市电的电压、电流、频率、相位和波形等基本参数的变换和控制相关,电源技术能够实现对这些参数的精确控制和高效率的处理,特别是能够实现大功率电能的频率变换,从而为多项高新技术的发展提供有力的支持。因此,电源技术不但本身是一项高新技术,而且还是其他多项高新技术的发展基础。它对现代通信、铁路、计算机、工业自动化、电力工程、电子仪器、国防及某些高新技术提供高质量、高效率、高可靠性的电源起着关键作用。

第一节 通信电源的发展现状及趋势

一、通信电源与防雷在通信网络中的重要性

在整个通信网络中通信电源系统虽然属于基础设施,但它起到“动脉”和“心脏”的作用。随着电信技术的飞速发展,电信网络结构日益复杂,作为通信系统的动力组成部分,通信电源系统的重要性日益体现出来。这几年来,通信网与通信业务处理、传输以及移动、卫星、数据通信等设备的技术发展很快,我国通信网的整体水平已进入世界先进行列,更加需要有一个与此相适应的通信电源供电系统来支撑这个大网的安全可靠运行。因此,通信电源供电系统也正在应用新技术、立足高起点迅速向前发展。

通信设备在使用过程中易遭到雷电的袭击而损坏,雷害已经成为影响通信设备可靠运行的一个重要因素,但往往人们对通信设备防雷问题的认识不足,经常处于无从下手或者多次治理而没有明显改善的状况。为了确保通信网络的安全可靠运行,除了通信设备和通信网络自身的可靠性提高外,还必须提高电源系统以及通信设备防御雷电袭击的能力。国家标准 GB 50689—2011《通信局(站)防雷与接地工程设计规范》以及铁道部《铁路通信设备雷电综合防护实施指导意见》(铁运〔2011〕144号)为规范通信及电源设备雷电防护工作,提高通信设备抗御雷电能力,明确了通信设备雷电综合防护的原则、雷电内外部防护的方法、主要防雷器件的技术指标等。执行相关标准和规范,提高通信设备抗雷击能力、保证通信电源系统安全可靠运行已成为确保通信系统正常运行的重要条件。

二、通信电源供电技术发展趋势及应用

电信业的迅猛发展,给电源市场带来了巨大的市场机会和挑战,同时对电源提出了新的

需求。例如:多种物理设备放在一起,有电磁兼容的需求和机房面积与承重的要求;网络设备种类繁多使电源的负载变大,负载种类变多,对电源效率和种类有要求;机房和基站数目增多,对电源的可靠性和易维护性提出更高的要求,以满足无人值守需求。电源工作环境的差异对电源的应用环境也提出了新的需求,如更强的电网适应能力、环境适应能力等,户外电源就是这一需求的典型代表。电源是整个通信网络的“心脏”,通信网络需要更可靠的电源。

(一)全球通信电源技术的发展趋势

1. 高效率、高功率密度,宽范围的使用环境温度

运营商设备的不断增多、用电量加剧、机房面积紧张等客观因素的存在,对电源产品提出了高效率、高功率密度、宽的使用环境温度的要求。

新型高性能器件的不断研发、涌现与应用,例如:绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、功率场效应晶体管(MOSFET)、智能IGBT功率模块(IPM)、MOS栅控晶闸管(MCT)、静电感应晶体管(SIT)、超快恢复二极管、无感电容器、无感电阻器、新型磁材料和变压器、EMI滤波器等,可以提高通信电源的开关频率,减少电源外形尺寸,提高电源的功率密度。

在通信电源中,开关技术是提高电源效率的一个重要的技术。软开关技术、准谐振技术中具有代表性的是谐振变换、移相谐振、零开关PWM、零过渡PWM等电路拓扑。随着软开关拓扑理论研究的深入以及应用的普及,大大减少了硬开关模式下电源的功率器件在开通、关断过程中电压下降和上升以及电流上升和下降波形交叠产生的损耗和噪声,实现了零电压以及零电流开关,降低损耗,提高电源系统的效率。为了更好地适应环境,提高产品可靠性,AC 220 V的通信电源一般能够工作在AC 120 ~ 290 V,环境温度适应能力也由传统的45℃提高到60℃,甚至75℃。

2. 网络化智能化的监控管理

随着网络的日益发展,大量的网络设备需要大量人力、物力投在设备管理和维护工作上。如:通信设施所处环境越来越复杂,人烟稀少、交通不便都增大了维护的难度,这对电源设备的监控管理又提出了新的要求。通信电源系统的集中分散式监控系统需要对系统中的状态量和控制量进行监控,还可以对电池进行全自动管理;也可以直接利用通信网络上传控制数据,使维护人员通过通信网络进行数据查询、控制等维护工作;利用友好的人机界面,使维护人员能够方便地得到需要的信息(如各种保护、告警和数据信息;维护计划、资产管理等)。

3. 全数字化控制

数字化技术的发展逐步表现出了传统模拟技术无法实现的优势。如:采用全数字化控制技术,有效缩小电源体积降低成本,大大提高了设备的可靠性和对用户的适应性,整个电源的信号采样、处理、控制(包括电压电流环等)、通信等均采用DSP技术,可以获得优化的、一致的、稳定的控制参数。还可以采用更加灵活的控制方式,在各种电压、温度下优化电源的输出,如降额保护、PFC数字控制谐波。利用DSP技术可以减少器件数量、提高模块指标与功率密度,消除模拟控制技术的期间离散性和温度漂移性,实现更简单稳定的通信和均流,同时也可以获得良好的EMC指标。采用数字化技术后使电源设备智能化的程度更高,也便于使用维护。

4. 供电模式由集中供电单一体制走向多元化

随着通信技术的飞速发展,维护体制的不断变革,各种通信设备的日益集成化、小型化。电源技术发展的特点是电源电路的模块化、集成化,单片电源和模块电源取代整机电源,功率集成技术简化了电源的结构。所以,通信电源也正逐步向集中监控、少人值守或无人值守的方向发展。为满足通信网的技术需求,提高供电系统的可靠性和扩容能力,同时为了减少维护压力、控制维护成本,降低维护风险,通信电源的供电方式也应逐步采取由集中供电方式向分散供电方式或分布式供电方式(即多元化)发展。

(二) 新型能源及新技术设备的应用

依据国家制定的“十二五”规划纲要,紧扣通信业“十二五”发展规划,贯彻和执行通信行业“十二五”节能减排目标要求,充分利用各种新型能源资源,探索新的通信技术所需的供电模式,提出切实可行的系统供电解决方案,最终确保通信网络的安全供电和网络畅通。

根据通信电源设备技术发展动向,结合各大通信运营单位的节能降耗试点工作经验和需求以及国外、国内生产企业研发、生产实际情况,以下新能源、新技术及新设备将会在通信电源供电系统中应用:高频开关电源系统休眠技术;通信用高压直流供电技术;太阳能供电技术;风力发电技术;风、光互补发电技术;燃料电池发电技术;高频模块化 UPS 供电技术;磁悬浮飞轮储能技术等,以及新型节能产品,通信用磷酸铁锂电池或耐高温型铅酸蓄电池也将会有其一定的适用领域,从而得到发展。

这些新技术和新设备的应用将有助于实现我国“十二五”节能减排目标,也将促进我国自然环境的保护和改善,为国民经济的长远的可持续发展奠定基础。

第二节 铁路通信电源系统的组成及供电结构

一、铁路通信电源系统的组成

(一) 铁路通信电源系统的基本概况

1. 铁路通信电源系统概述

铁路通信电源系统是为铁路通信服务的基础设施之一,是为铁路通信中传输、数据、电报、电话、移动通信、调度通信等系统提供能源的综合保障体系。

2. 铁路通信电源系统的组成

铁路通信电源系统由交流供电系统、直流供电系统、接地系统、防雷系统、监控系统等部分组成。

(1) 交流供电系统

交流供电系统包括变配电系统、备用电源系统(发电机系统)、交流不间断电源系统(UPS)以及相应的交流配电部分。变配电系统包括变压器、高低压配电设备、操作电源。交流不间断电源系统(UPS)包括 UPS 设备、输入输出配电柜、蓄电池组。

(2) 直流供电系统

直流供电系统由交流配电屏、整流器、蓄电池组、直流配电屏、直流一直流变换设备组成,直流供电系统的电压等级有 -48 V 、 24 V 、 240 V 、 336 V 等。

(3) 接地系统

接地系统由接地体、汇集排、楼层接地排、工作及保护引接线组成。

(4) 防雷系统

防雷系统由避雷针、接地引下线、接地体、等电位连接、各级浪涌保护器(Surge Protective Device, SPD)等组成。

(5) 监控系统

监控系统由各种采集设备、网络传输设备、监控终端设备、监控专用软件等组成。

在综合通信楼或大型互联网数据中心(简称 IDC 中心),电源系统基本包含上述所有内容,而在一些模块局或某些基站,其电源系统一般只包含一个低压交流配电箱,一套 -48 V 直流供电系统以及简单的动环监控单元。因此,为全面理解通信电源系统的基本概况,更多以综合通信楼的电源系统为例进行阐述。

3. 铁路通信电源系统供电种类概述

铁路通信电源系统通常包括为负载提供 -48 V 的直流电源和 220 V 或 380 V 交流不间断电源两种。由于目前通信设备很少使用 24 V 直流电源,因此,直流 24 V 的电源系统将逐渐淡出通信电源行列。随着互联网以及数据业务在通信领域的快速发展,通信电源系统中交流不间断供电系统(简称 UPS 系统)的应用会不断增加,出于供电系统安全、节能和更易于维护等方面的考虑, 240 V 或 336 V 等高压直流供电系统正越来越多地应用于通信领域,这种高压直流供电系统应用于通信领域的发展趋势,随着人们认识的提高而不断扩大。

通信电源系统为负载供电的种类非直流即交流,通过用户在长期的应用实践过程中,不断比较两者在供电安全可靠、节能环保、易于维护等方面的优劣,来修正二者的应用规模与应用领域。但无论如何,任何种类的通信电源系统都必须在确保自身安全可靠的基础上来满足通信负载的供电需求。

(二) 通信电源系统的组成方式

通信电源系统的组成方式因通信负载的规模以及物理布局的不同而有所变化,一般分为三种方式:集中供电方式,分散供电方式,混合供电方式。

1. 集中供电方式

所谓集中供电方式是指组成通信电源系统的直流供电系统、UPS 供电系统集中布放于某一物理位置(比如通信楼首层),所有通信负载均由位于这一物理位置的电源系统提供能源供应的一种方式,如图 1—1 所示。

这种供电方式的优点是可以有效利用通信楼首层地板承重较大的优势,集中布放较重的电源设备以及大容量蓄电池组;由于供电系统与通信设备分别放置在不同物理位置,无需考虑电磁兼容等电磁干扰问题;集中供电方式的电源系统通常容量较大,便于集中维护管理。

缺点是供电线路相对较长、线损较大,尤其是 -48 V 直流供电系统,为了减少能源损耗,确保末端设备正常用电,必须加大输电线路的线径,从而增加了系统初期投资。由于每套供电系统容量相对较大,为了方便各个楼层的电源分配必须加装楼层配电系统,增加了各级保护的层级数量,也由于供电系统容量相对较大,如果出现故障,影响的范围广、恢复时间

长,系统扩容较困难。

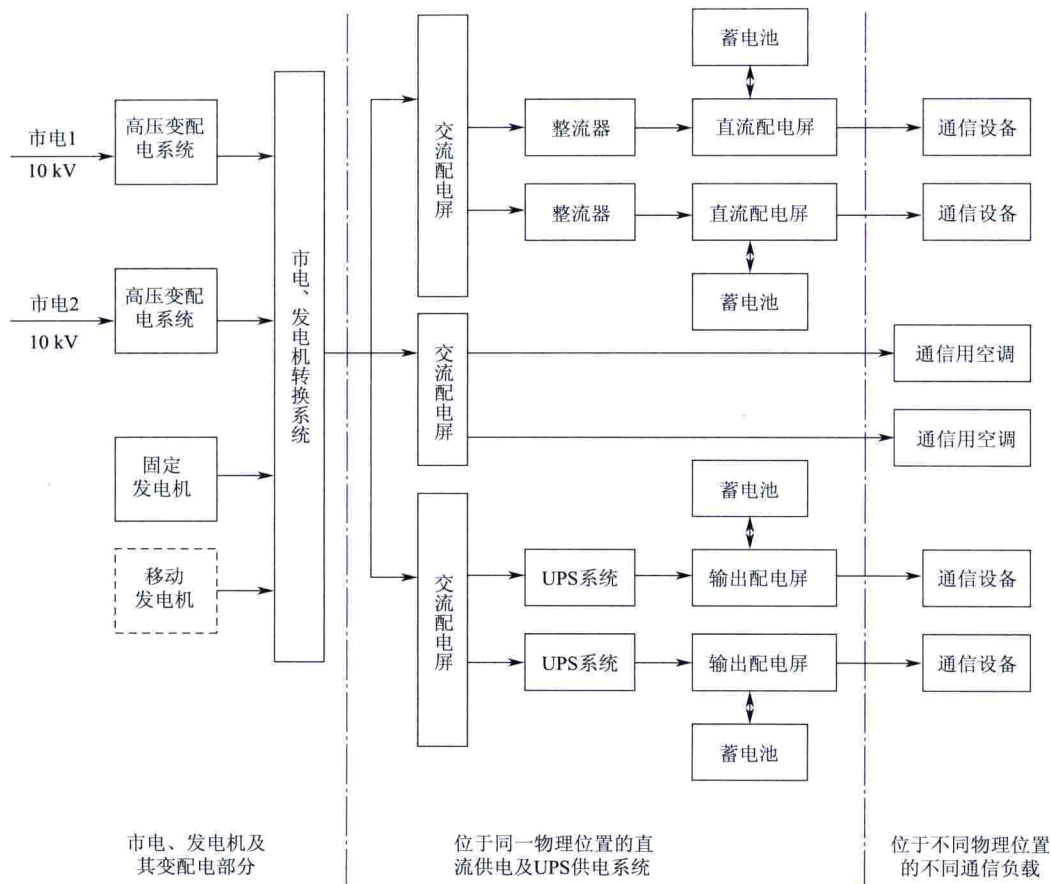


图 1—1 集中供电方式结构示意图

2. 分散供电方式

所谓分散供电方式是指组成通信电源系统的直流供电系统、UPS 供电系统与通信设备一起分散布放于同一物理位置（如同一楼层）或同一列、同一排，每套直流供电系统或 UPS 供电系统只对本物理位置的通信负载提供能源供应的一种方式，如图 1—2 所示。

这种供电方式的优点是每套电源系统与通信设备共同放置在同一物理位置，配电简单、配电保护层级少，供电线路较短，线路损耗较小，节约初期投资；由于每套供电系统只为同一物理位置的通信设备供电，其系统容量一般较小，如果出现故障影响范围小、恢复时间短，供电系统的更新或扩容改造相对容易。

缺点是每套供电系统配备蓄电池组等设备对地板承重要求较高，随着通信设备规模的增加，一个通信综合大楼内会有十几或二十几套电源系统分布于各个楼层，如果没有完善可靠的动环监控系统把各套电源系统集中监控起来，是很难做好每套电源系统的维护与管理工作的。

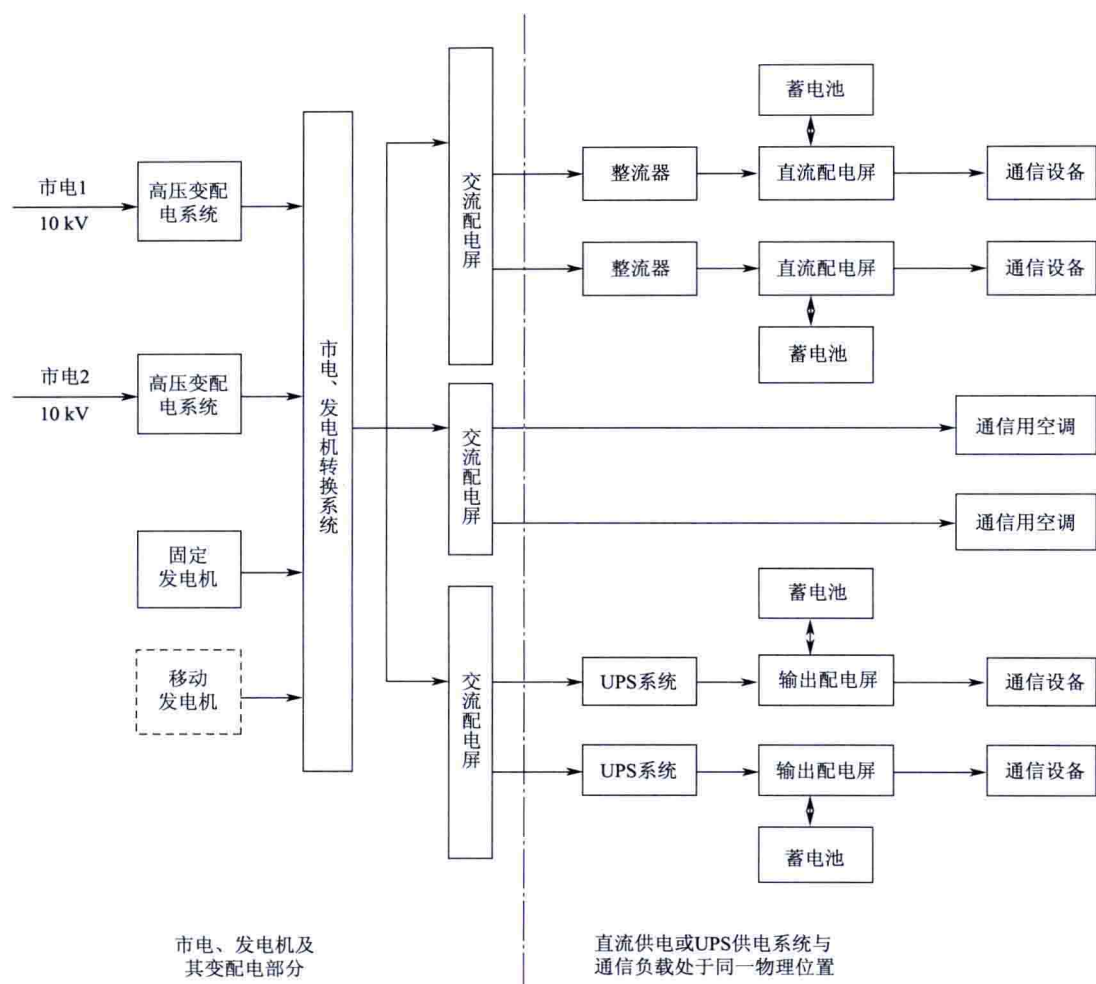


图 1—2 分散供电方式结构示意图

3. 混合供电方式

所谓混合供电方式有两种理解,第一是介于上述两种供电方式之间的一种形式,指组成通信电源系统的直流供电系统、UPS 供电系统有些集中布放于同一物理位置,为与之距离较近的通信设备供电,有些直接与通信设备一起分散布放于同一物理位置(如同一楼层或同一列、同一排),这些直流供电系统或 UPS 供电系统只对本物理位置的通信负载供电。实际使用中这种混合供电方式应用更普遍也更广泛,它将集中供电与分散供电方式的优点集中于一身,既避免了集中供电方式供电线路长、配电保护层级多的缺点,也避免了分散式供电方式由于通信大楼规模较大时要建立多套电源系统难于统一维护管理的弊端。因此,对于通信大楼建议采用这种混合供电方式。

另外,还有一种理解是由于通信电源系统的组成增加了太阳能光伏系统或风光互补等系统而称为混合供电方式,这种方式目前还只是一些基站或某些端局在使用。

其供电系统结构如图 1—3 所示。

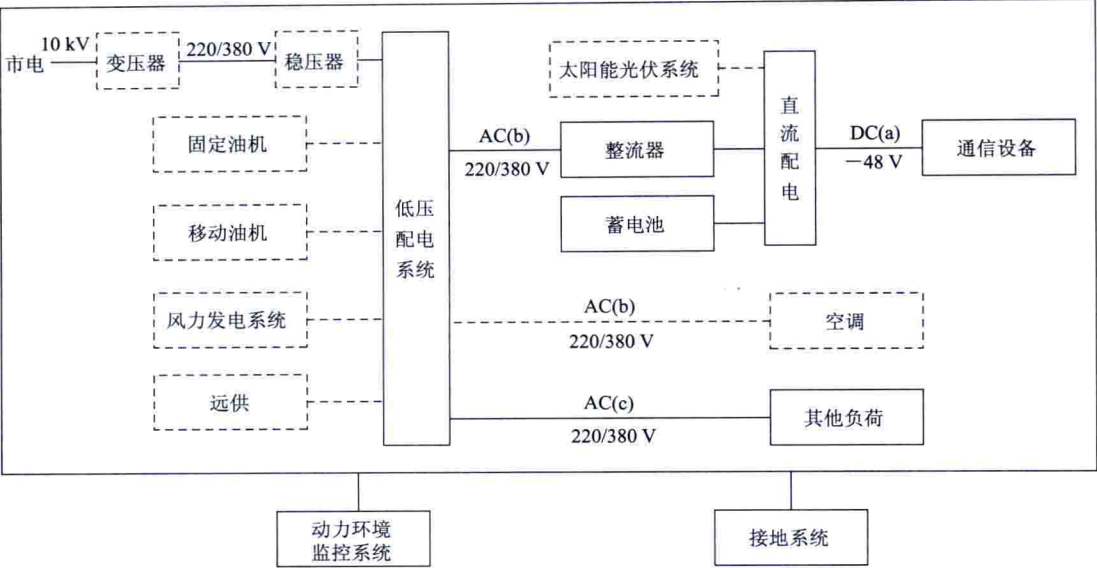


图 1—3 混合供电方式的结构示意图

(a) —不间断；(b) —可短时间中断；(c) —允许中断

二、通信电源系统的供电结构

(一) 通信电源系统的基本供电结构

1. 直流 -48 V 电源系统的基本供电结构

通信电源最基本的供电种类之一就是直流 -48 V 电源系统。近年来业界普遍使用的是由高频开关整流模块、系统控制模块组成的 -48 V 高频开关电源系统,其基本供电结构由交流市电输入部分、整流模块部分、监控模块部分、蓄电池组部分、直流配电屏馈出部分组成。

2. 交流 UPS 电源系统的基本供电结构

通信电源另一个最基本的供电种类之一就是交流 220 V 或 380 V UPS 电源系统。虽然 UPS 系统有许多组成方式,如 $N+1$ 并联冗余系统、双总线冗余配置系统、模块化 UPS 系统等,但其基本供电结构大致相同,即由交流市电输入部分、UPS 主机设备部分、监控与并机部分、接地部分、后备蓄电池组部分、静态旁路部分以及交流配电屏馈出部分组成。

3. 高压直流电源系统的基本供电结构

近年来通信电源又发展出了一种供电种类就是直流 240 V 或 336 V 等的高压直流电源系统。它的出现是基于通信行业数据业务的不断增加,UPS 供电系统越来越多、容量越来越大时暴露出其系统组成越来越复杂,在线增容及日常维护存在许多不便,在人们对传统 -48 V 电源系统与 UPS 供电系统进行比较后经大量实验逐渐产生的一种新的供电种类。以输出电压为 240 V 和 336 V 的高压直流系统应用最多。高压直流电源系统与传统 -48 V 电源系统的供电结构基本相同,由交流市电输入部分、整流模块部分、监控模块部分、蓄电池组部分、绝缘监察部分、接地部分、直流配电屏馈出部分组成。

(二) 通信电源低压配电系统基本供电方式

通信电源的低压配电系统在本节中是指交流市电输入经变压器输出后的三相交流配电系统,三相交流低压配电系统基本供电方式已由国际电工委员会(IEC)作了统一规定,按照保护接地的形式不同分为:IT 系统、TT 系统和 TN 系统,其中 TN 系统又分为 TN-C、TN-S 和 TN-C-S 系统。

国际电工委员会(IEC)对系统接地的文字符号的定义规定为:

第一个字母表示电力系统的对地关系:I 表示所有带电部分与地绝缘,或一点经高阻抗接地。T 表示系统中性点直接接地。

第二个字母表示装置的外露可导电部分的对地关系:T 表示外露可导电部分对地直接连接,与电力系统如何接地无关。N 表示外露可导电部分与电力系统的接地点直接电气连接。

后面还有字母时,这些字母表示中性线与保护线的组合方式:C 表示中性线与保护线是合一的,S 表示中性线与保护线是分开的。

1. IT 系统

IT 系统的电源中性点是对地绝缘的或经过高阻抗接地,用电设备的金属外壳直接接地,即传统上所称的三相三线制供电系统的保护接地,如图 1—4 所示。

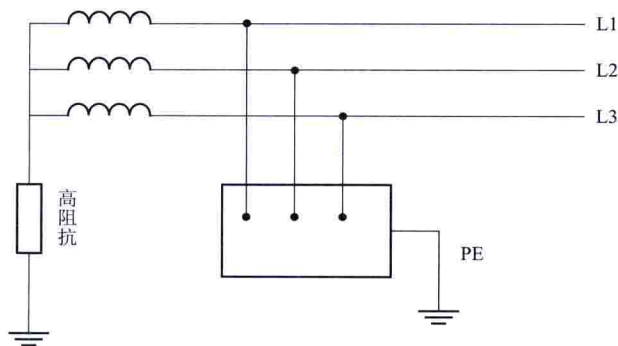


图 1—4 IT 系统示意图

IT 系统在通信领域较少应用,适用于环境条件不良,易发生相线接地故障以及易燃易爆的场所。其简要工作原理为:若设备外壳不接地,当发生相线碰壳故障时,设备外壳就带有单相电压,此时人若接触设备外壳,就会发生触电事故;而设备的金属外壳采取了接地保护后,由于人体电阻远比接地装置的接地电阻大,当发生单相碰壳时,绝大部分接地电流被接地保护装置分流,流经人体的电流很小,从而保护了人的生命安全。

2. TT 系统

TT 系统的电源中性点直接接地,用电设备的金属外壳直接接地且与电源中性点的接地无关,即传统上称为三相四线制供电系统中的保护接地,如图 1—5 所示。

TT 系统简要工作原理为:当发生相线碰壳故障时,接地电流经保护接地装置和电源系统的工作接地装置所构成的回路流通,如果此时有人接触带电的外壳,由于人体电阻远大于接地装置的接地电阻,绝大部分接地电流被接地保护装置分流,流经人体的电流很小,从而对人体起到了保护作用。

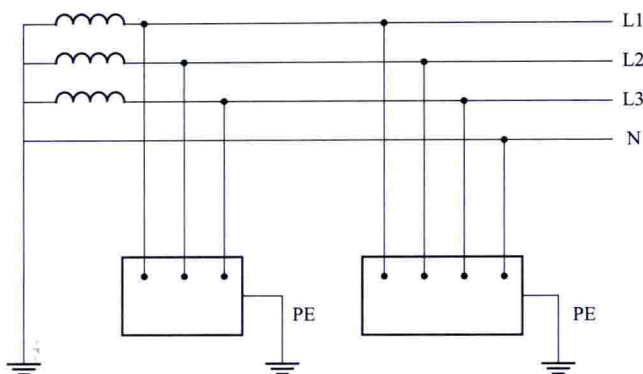


图 1—5 TT 系统示意图

但 TT 系统在确保安全用电方面也存在不足之处。首先当设备发生绝缘不良等引起漏电或发生相线碰壳故障时,由于有接地保护,漏电流或故障电流较小不可能使线路的保护装置动作,导致漏电或碰壳设备的外壳长期带有高于安全电压的危险电压,增加了人体触电的危险,因此,TT 系统必须加装剩余电流漏电保护装置。目前这种 TT 系统主要应用于城镇、农村居民区、工业企业和由公用变压器供电的民用建筑中。

3. TN 系统

TN 系统是指在变压器或发电机中性点直接接地的三相四线低压系统中,将正常运行时不带电的设备外壳经保护中性线与电源的中性点直接电气连接,也即传统上所称的三相四线制供电系统中的保护接零系统。

其简要工作原理为:当设备发生相线碰壳故障时,故障电流经设备外壳、保护中性线与电源中性点构成单相短路回路,使得线路保护装置立即动作,将故障部分迅速切除,从而保障人体安全以及其他设备或线路的正常运行。

(1) TN-C 系统

TN-C 系统是指三相四线制中系统的中性线(N)与保护线(PE)合一的一种供电形式,该线也称为保护中性线(PEN)。如图 1—6 所示。

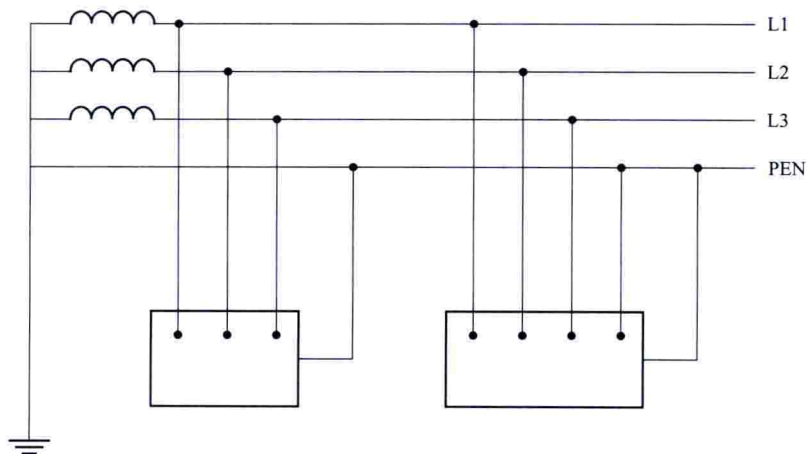


图 1—6 TN-C 系统示意图