

通信电源系统设计探讨

李方超

日海恒联通信技术有限公司 河南 郑州 450000

摘要：本文深入探讨通信基站电源系统设计。分析了通信基站电源的设计原则及设计中面临的挑战，包括高功耗、高可靠性、高效节能要求、复杂环境适应性等。阐述了电源系统的组成和设计的要点，如交流供电系统的合理配置、直流供电系统的优化、蓄电池选型与管理、防雷与接地设计的要点等。提出了电源系统设计节能提升的策略，涉及高效电源转换技术应用、智能能耗监控管理以及绿色能源的替代，旨在为通信基站提供可靠、稳定、安全、高效的电源保障，以适应现代通信网络发展需求。

关键词：通信基站；电源系统设计；可靠性原则

1 引言

通信基站作为现代通信网络的核心基础设施，其电源系统的稳定性和可靠性直接关系到通信服务的质量和连续性。随着5G等新一代通信技术的快速发展，基站设备功耗显著增加，对电源系统提出了更高要求。同时，基站分布广泛，面临复杂的地理环境和多变的气候条件，这也给电源设计带来诸多挑战。因此，深入研究通信基站电源设计具有极为重要的意义。

2 通信电源系统的设计

2.1 电源系统设计的原则

通信电源是通信设备的“心脏”，在通信系统中，具有举足轻重的地位。合理的电源系统设计是保障电源稳定可靠，通信网络稳定运行的基础。

（1）可靠性原则。通信基站通常优先使用市电作为主要电源。当采用两路市电引入时，应选取不同路由。当其

中一路中断供电时，另一路容量应能满足通信基站重要负荷用电。且为了能够确保在市电出现长时间停电情况下继续为通信基站提供电力，需要配置一定容量的后备发电机组来进行保障。

在市电和油机都无法满足持续为基站供电的情况下，蓄电池就成为通信基站重要的备用电源，为基站设备持续供电。一般根据基站设备的功耗和所需的后备供电时间来配置蓄电池容量。

基站内的关键电源设备（如开关电源）应采用冗余设计。当一个或多个整流模块出现故障时，其余的模块能够承担全部负载，确保直流供电的连续性。

（2）稳定性原则。稳定性主要体现在对电源的定额要求，包括对供电的电压、电流、频率等指标的要求，如电压的波动范围、频率的波动范围等。具体指标如下：

表1 交流电源供电质量要求

标称电压（V）	通信设备受电端子处电压允许变动范围（V）	标称频率（Hz）	频率允许变动范围（Hz）	电压波形正弦畸变率
220/380	额定值的-10%~+5%	50	额定值的±4%	不大于5%

表2 直流电源电压变动范围与供电回路全程最大允许压降

标称电压（V）	通信设备受电端子处电压允许变动范围（V）	供电回路全程最大允许压降（V）
-48	-57~40	3.2
240	192~288	12
336	260~400	

（3）安全性原则。电源系统的设计要符合相关设计规范，确保操作人员和设备的安全。一是在电源设备和电缆的选择上，要充分考虑设备的绝缘性能，过压、过流和短路保护功能，当电路中出现设备短路、雷击产生的浪涌电压情况时，能够迅速切断电路，保护设备和人员安全。选择耐火或阻燃的电缆。二是在电源设备安装和电缆布放上，要做好电源设备的保护接地和防雷接

地，接地电阻一般要求小于 10Ω ，确保在发生漏电和雷击时，电流能够安全地导入大地。电源线路的铺设应符合防火要求。

（4）高效性原则。高效的电源系统是降低运营成本的关键，对于电源转换设备，要求具有较高的转换效率。整流模块的转换效率一般要求达到95%以上，这样可以减少电能转换过程中的损耗。高效的电源转换不仅

可以降低能源消耗,还可以减少设备发热,延长设备使用寿命。除了整流设备,变压器等其他交流电源设备也应注重提高效率。

同时,通信基站电源应具备智能电源管理功能。通过电源监控系统,可实时监测电源设备的运行状态和参数,如电压、电流、功率、温度等。根据这些参数,能够实现智能休眠、动态功率分配等功能。

(5) 成本控制原则。设计的作用就在于平衡投资和收益,在满足性能和功能要求的前提下,合理控制成本,实现投资收益的最大化。

(6) 可扩展易维护原则。合理的电源系统设计便于日常维护和故障排查,减少维护时间,降低维护成本。同时,要充分考虑到远期基站设备扩容和升级所带来的功率需求。

(7) 标准化原则。在电源系统设计中,要遵循相关的国家和行业标准,在电源设备的接口、通信协议、电气性能等方面采用标准化的设计,这样利于不同厂家的设备互相兼容。降低了设备采购成本和运维成本。

2.2 电源系统设计面临的挑战

(1) 高功耗需求。现代通信基站设备数据处理量和传输速率大幅提升,导致能耗急剧增加。5G基站的功耗相比4G基站提高了3-4倍,这就要求电源系统能够提供足够的电力输出,并具备高效的能源转换和管理能力,以降低运营成本。

(2) 高可靠性要求。通信基站全年不间断运行,且一些地区市电供应不稳定。因此,电源设计必须确保在市电中断时,备用电源(如油机、蓄电池)能够无缝切换并持续供电,同时关键电源设备应具备冗余设计,以提高系统的可靠性和容错能力。

(3) 高效节能要求。通信基站数量众多且功耗大,特别是5G建设以来,其总体能耗十分可观。为了降低运营成本并符合节能减排的要求,电源系统需要采用高效的电源转换技术,提高整流模块等设备的转换效率,同时优化电源管理策略,如智能休眠、动态功率分配等,以减少不必要的能源浪费。

(4) 环境适应性要求。基站分布在城市、农村、山区、沙漠等各种地理环境中,面临高温、低温、潮湿、沙尘、雷击等恶劣自然条件。电源系统需要在这些复杂环境下保持稳定运行,对设备的防护等级、散热设计、防雷接地等方面提出了严格要求。

2.3 电源系统设计的要点

2.3.1 交流供电系统

(1) 交流市电引入。根据基站级别和重要性的不

同,优先选择三类及以上等级的市电,合理规划市电路由,充分考虑线路压降,应采用交流中性线与相线截面面积相等的铠装线缆。交流供电系统中应配备油机接口和市电/油机转换开关。确保基站交流供电的连续性。

(2) 变压器选型。根据基站设备的总功率和市电电压等级,选择合适容量和变比的变压器。一类、二类、三类通信基站宜采用专用变压器。变压器应具备低损耗、高效率的特性,如采用节能型的变压器,以减少电能在转换过程中的浪费。还应考虑将来的基站用电容量的可扩容性。此外,还需考虑变压器的散热方式,确保其在长期运行过程中温度保持在合理范围内。

2.3.2 直流供电系统

(1) 开关电源类型选择。开关电源负责将直流电源分配到各个通信设备机架,应选用具备完善的过流、过压、短路保护功能的设备,以及精确的电压、电流监测能力,能够实时显示各负载支路的供电状态,并在出现异常时及时发出告警信号。在设计时,选择适合基站建设类型的开关电源(如嵌入式、组合式),考虑基站总负荷和远期扩容需求,选择机架总容量适合的开关电源,合理配置开关电源熔断器、断路器型号。

(2) 整流模块的配置。整流模块是直流供电系统的核心,负责将交流电转换为直流电。应选用高效率、高可靠性的整流器模块,其转换效率一般应达到95%以上。采用模块化设计,便于根据基站负载变化灵活配置整流模块数量,实现N+1冗余备份,提高系统的可靠性。

(3) 设备线缆的选择。机房内的导线应采用阻燃或耐火电缆。应按电缆敷设方式和环境条件、以及承载电流选择合适截面积的电缆,同时应满足热稳定及机械强度的要求。在设计中,应合理规划配电线路,减少线路压降和功率损耗。

2.3.3 蓄电池容量配置与选型

(1) 蓄电池容量配置。根据基站设备的负荷、所需的后备供电时间,计算蓄电池的配置容量。一般来说,基站蓄电池的后备供电时间应根据当地市电情况和网络重要性确定,通常在3-5小时以上。在城区市电稳定的地方,可以考虑的备电时间短一些。在市电经常中断且停电时间较长的偏远地区,应配置较大容量的蓄电池组。

(2) 蓄电池类型选择。常用的基站蓄电池有阀控式铅酸蓄电池和磷酸铁锂蓄电池。阀控式铅酸蓄电池技术成熟、成本较低,但能量密度相对较低、寿命较短,充放电循环次数一般为1000-1200次,可以在温度-20~55℃条件下使用。磷酸铁锂蓄电池则具有能量密度高、充放电效率高、寿命长等优点,但成本较高、低温性能差,

充放电循环次数一般可达2000次,可以在温度-10~55℃的条件下使用。在选择时,需综合考虑基站的建设环境、预算以及维护成本等因素。对于对空间和重量有严格要求,且对供电性能要求较高的基站,磷酸铁锂蓄电池可能是更好的选择;而对于一些预算有限、市电条件相对较好以及安全性要求较高的基站,铅酸蓄电池仍具有一定的应用优势。

2.3.4 防雷与接地设计

(1) 基站防雷措施。通信电源系统需采取综合防雷措施。在市电引入端安装一级避雷器,用于泄放雷电感应过电压和直击雷过电流;在直流配电系统中,交流输入端配置二级避雷器,直流输出端配置直流避雷器,保护通信设备免受雷电浪涌的侵害。同时,要确保防雷设备的良好接地,形成有效的防雷接地网。

(2) 基站接地设计。良好的接地系统是保障电源设备和人员安全的重要措施。基站交流工作地、直流工作地、防雷接地、保护接地应组成联合接地网,接地电阻一般要求小于 5Ω 。所有金属外壳的电源设备、电缆屏蔽层等都应与接地网可靠连接,形成等电位连接,避免因电位差产生的电击危险和电磁干扰。在接地材料的选择上,接地导线宜采用铜芯导线,地网可采用镀锌角钢、扁钢等耐腐蚀材料,并确保接地连接点的牢固性和导电性。

3 通信电源系统的节能及设计提升策略

电源设备是为通信设备提供能源,并进行输送和转换的设备,在输送和转换的过程中总是有能量损失的,据统计,通信系统中通信电源的能源损耗占整个通信基站的能源消耗可达4%-5%。如何减少这种能量损失,提高效率,成为通信电源节能减排的核心问题。

3.1 节能技术应用

(1) 高效电源转换。采用新型高效的电源转换技术,如高频开关电源、智能空开以及非晶合金干式变压器等,提高整流模块等设备的转换效率。高频开关电源通过采用高频变压器和功率半导体器件,降低开关损耗和磁性元件损耗,从而提高效率。高效整流模块转换效率可达97%。智能空开则是在空开内集成检测和控制电路,采用统一的接口和协议,可以实现功率分路计量、远程控制、软件自定义等功能,结合监控管理系统可以实现能效分析、节能减排、电源优化,以达到精细化电源管理。非晶合金变压器具有显著的空载损耗低的特性,是未来输变电设备节能与技术进步重点发展方向。

(2) 智能能耗监测管理。构建完善的智能能耗检测管理系统,对基站电源系统进行全方位、实时的监测和

管理。通过在电源设备中集成传感器和通信模块,实时采集设备的运行参数(如电压、电流、温度、功率)、状态信息(如设备启停、故障报警),并将这些数据传输到监控中心。监控中心利用数据分析软件,对数据进行深度挖掘和分析,实现对电源系统的远程监控、故障诊断、性能评估和智能维护。例如,当系统检测到某个整流模块电压异常时,能够自动分析原因,提供参考解决方案和预警。

3.2 绿色能源替代

通过利用更廉价或免费的绿色能源,降低电、燃油等付费能源的消耗量,如叠光技术、风光互补供电技术等。叠光技术就是利用太阳能电池,将太阳能转换为电能通过控制器DC-DC转换后向基站设备供电,它可以与市电并网向基站设备供电,也可以纯光伏储能电站的形式向基站设备供电。风光互补供电技术是由于太阳能资源和风能资源都具有时间上和地域上的不平衡性,常常会遇到有太阳时没有风、没有太阳时有风的情况,呈现出互补的特性,利用这种特性,将太阳能、风能发电技术进行组合,形成风光互补供电系统,为通信基站提供电力。

4 结论

通信基站电源设计是一项复杂而系统的工程,需要综合考虑多方面因素。面对现代通信技术发展带来的高功耗、高可靠性、高效节能要求以及复杂环境挑战,通过优化交流供电系统、直流供电系统、蓄电池管理的设计等,应用高效电源转换技术、智能能耗监测管理系统以及绿色能源替代等策略,可以显著提升电源系统的效率和节能效应,为通信基站的稳定运行提供可靠的电力保障。在未来的通信基站建设和升级过程中,电源设计仍将是一个重要的研究领域,需要不断探索创新,以适应不断变化的通信技术和市场需求。

参考文献

- [1] 通信电源设备安装工程设计规范:GB 51194-2016[S].
- [2] 通信局(站)防雷与接地工程设计规范:GB 50689-2011[S].
- [3] 盖云虹.通信机楼配套电源设计方案研究[D].吉林大学,2016.
- [4] 高海兴.通信电源技术及应急预案研究[D].贵州大学,2022.
- [5] 暴戈.通信基站电源系统的运行保障[J].通信电源技术,2019,36(07):278-279.