

模块化智能混合通信电源系统设计研究

周高英, 孙赫

中国卫星海上测控部, 江苏 无锡 214431

DOI:10.61369/EPTSM.2025010002

摘要 : 随着通信技术的飞速发展, 通信系统对电源的要求越来越高。笔者期望设计的模块化智能混合通信电源系统能高效地融入光伏发电、风力发电等绿色能源, 配合蓄电池组后具备自循环能力, 各模块供电无缝切换。对形成“孤岛”的通信设备供电, 能提供更长的应急和续航保障能力, 在日常的机房供电中有更好的环保及经济效益。

关键词 : 模块化智能; 混合; 通信电源

Research on the Design of Modularized Intelligent Hybrid Communication Power Supply System

Zhou Gaoying, Sun He

China Satellite Maritime Survey and Control Department, Wuxi, Jiangsu 214431

Abstract : With the rapid development of communication technology, the requirements for power supplies in communication systems are becoming increasingly demanding. The author expects the modularized intelligent hybrid communication power supply system designed to efficiently integrate green energy sources such as photovoltaic and wind power generation. When combined with a battery pack, it possesses self-cycling capabilities, enabling seamless power supply switching between modules. For power supply to communication equipment that forms an "isolated island", it can provide longer emergency and endurance support capabilities, offering better environmental and economic benefits in daily power supply for machine rooms.

Keywords : modularized intelligence; hybrid; communication power supply

引言

在当今通信领域飞速发展的大背景下, 作为为通信设备提供电力的重要桥梁, 通信电源技术需要不断寻求新的突破, 以满足通信网络的发展需求。同时, 优化和升级通信电源技术也将推动相应的通信设备得到推广和普及。因此, 在这种情况下, 通信电源技术必然会突破传统的限制, 形成一种新型的通信电源技术, 以确保通信网络系统的运行稳定性和安全性, 并奠定基础^[1]。因此, 目前通信电源已然成为维系通信系统稳定运行的关键命脉, 一套以开关电源、UPS、柴油发电机为核心设备的供电体系应运而生, 与市电紧密配合, 高效、稳定地为通信设备注入源源不断的动力。不过, 这套传统供电系统逐渐显露出诸多局限性。一旦陷入“孤岛”场景, 脱离市电支持, 仅靠柴油发电机与蓄电池, 续航时长捉襟见肘; 况且日常运维中, 柴油消耗不仅成本高, 还伴有环境污染问题。

有鉴于此, 笔者潜心钻研, 全力设计模块化智能混合通信电源系统。该系统突破性地融入光伏发电、风力发电等绿色能源, 借助大自然之力, 配合大容量蓄电池组, 达成电能自循环。各供电模块间无缝衔接、智能切换, 无惧市电中断。于“孤岛”场景应急供电时游刃有余, 机房日常使用中尽显环保、经济优势, 为通信网络的持久畅通筑牢根基。

一、系统组成

在当今多元化的能源应用场景中, 模块化智能混合通信电源系统脱颖而出, 凭借其精巧的设计与高度灵活性, 适配多种使用需求。该系统的输入端口设计独具匠心, 涵盖了多个关键模块。整流模块如同系统的“电力枢纽”, 专门负责市电、发电机的接入工作, 且能依据实际接入数量灵活调整, 完美契合不同供电规模^[2]。光伏与风电控制模块顺势接入绿色能源系统, 充分响应清

洁能源发展大势, 本次研究各选取一个, 旨在精准把控系统的基础性能。系统中间级, 通信电源直流标准锁定 48V, 将其设为融合电压, 优势显著——能让市电、风电整流后的电能, 以及按 48V 搭建的光伏发电, 在这一电压平台无缝衔接、有机融合。不过, 48V 电压也暗藏短板, 大功率工况下, 电流激增, 意味着要加粗电缆、汇流排, 确保电力高效、安全传输。输出端同样周全考量, 直流用电设备可直连中间母线取电; 交流设备则借助逆变器, 按需灵活调整逆变模块数量, 保障供电稳定。一旦遭遇电源

切换或输入中断，蓄电池组立即“补位”，维持电力供应不间断。更值得一提的是，控制及监测模块全程“紧盯”各模块、蓄电池与输入

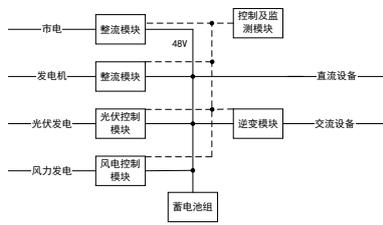


图1 模块化智能混合通信电源系统框图

输出参数，智能决策供电模块。这套系统“伸缩自如”，小型化可车载随行，大型化便能稳驻机房，广泛应用于通信、应急保障诸多领域，潜力无限。（图1）

二、关键技术及原理

（一）光伏发电的高效利用

在当代社会，通信系统早已深度融入人们的日常生活，为各类信息交互提供了坚实保障。日常的通信系统配电大多依托交流系统运作，稳定地输送电力，维持设备正常运转。与之不同的是，光伏发电作为绿色新能源的典型代表，产出的是直流电。为适配电网及多数用电场景，直流电需借由逆变器“华丽转身”，逆变成交流电，才能并网供电，或是满足发电站点的现场需求^[9]。即便当下逆变器技术愈发成熟，效率攀升至94%以上，可每次转换，仍不可避免地折损掉部分电能。

通信电源对供电质量的严苛要求近乎苛刻，出于稳定性考量，常直接采用48V直流电，或是借助UPS（不间断电源）供应交流电。值得注意的是，UPS供电还需历经整流、逆变等复杂流程，无形中也会造成能量损耗。鉴于此，在通信系统的前期设计规划阶段，不妨另辟蹊径，让光伏发电绕过烦琐流程，经控制器精准稳压、调压后，直接投入使用。

（二）模块化技术

在当下多元化的用电格局中，不同用户对于供电系统的要求可谓千差万别，这背后是复杂的现实条件与各异的使用诉求在起作用。有些地区得天独厚，日照时长充足、光照强度大，发展光伏发电再合适不过；反观部分区域，风力资源丰富且稳定，极具风力发电的优势。从用户端来看，需求更是五花八门，有的大型数据中心、医院等关键场所，出于用电可靠性的严苛考量，必须配备两路市电，以防断电造成不可挽回的损失；而一些小型商铺、初创企业，出于成本控制的急切需求，会尽量精简设备，连发电机都不想配置^[4]。

在输出层面，同样存在多样化需求，有的普通居民用户仅需一路稳定供电，满足日常家电使用即可；但大型工厂、商业综合体这类用电大户，设备繁多、用电场景复杂，往往要求两路甚至多路输出，才能维持正常运转。面对如此繁复的供电需求，模块化设计脱颖而出，成为不二之选。通过将各输入、输出模块的接口与协议标准化，不仅同类模块间能无缝替换，降低维护成本与难度，还能确保单一模块故障时，其余模块不受牵连，维持系统稳定运行。用户借此能按需灵活选配模块，搭配控制系统的智能设置，轻松实现供电系统的个性化定制与智能管控，贴合自身的用电实际^[9]。

（三）混合供电互补融合

在当下的混合供电系统里，交流与直流电有着截然不同的融合方式，技术难点与操作思路差异明显。交流侧融合涉及交流电并联，这绝非易事，因为并联交流电要满足幅度、频率、相位完全相同的严苛条件，稍有偏差，电力系统就可能陷入紊乱，引发设备故障、供电中断等棘手问题，所以实操极为复杂，对技术精密度要求极高。相较而言，直流侧融合优势突出，操作简便许多。只需有效防止反向回流，就能达成融合目标。具体可按供电优先级灵活调配，把优先使用的一路供电电压稍稍调高，后备的调低，利用电压差有序供电；还能凭借蓄电池，直接关停模块来切换供电。不过，同优先级供电时，要着重把控融合点电压，让其基本持平。光伏与风电同时供电时，需借智能控制技术，精准均衡电量、按比例分配，实现互补融合，保障供电稳定高效^[9]。

（四）供电智能控制

在当今的能源管理领域，智能控制技术发挥着关键作用，它主要分为手动与自动两种控制模式，二者相辅相成，全方位保障供电的稳定与高效。手动控制给予使用者极大的自主性，面对复杂的供电网络，操作人员可依据实际需求，精准地选择具体哪一路供电线路为设备提供能源，灵活适配不同工况。自动控制则彰显智能化优势，依照预设好的优先级有条不紊地调配电力。这一过程，离不开传感器的强力支持，它们如同敏锐的“侦察兵”，实时获取各供电模块的电压、电流、功率等所有状态信息，同时精准捕捉需求侧的用电需求。智能控制系统据此施展精细化管理“手段”。就拿可再生能源来说，天晴时，优先调用太阳能板，让充沛的阳光转化为电能；风力强劲的时段，风电随即加入，与太阳能互补，物尽其用。到了夜晚或是极端天气，自动切换至市电，维持稳定供电。发电机和蓄电池作为“后备力量”，程序会定期安排它们工作一段时间，维持性能，确保关键时刻不掉链子。

（五）供电智能监测报警

在智能系统的搭建过程中，传感器的全方位设置尤为关键。我们配备了功能各异、种类多样的传感器，精准采集各类数据，这些数据不仅是智能控制的“幕后军师”，让设备有条不紊地自动化运行，更是智能监测与报警体系的核心依据。报警管理遵循分级原则，贴合实际运维场景^[7]。部分状态切换引发的报警，像设备待机、自动节能模式切换这类无需人工干涉的情况，系统仅在界面悄然推送提示信息，最大限度减少不必要干扰。但碰上模块故障这类棘手状况则截然不同，故障虽暂时不影响其他模块供电，可一旦搁置，后续使用隐患重重。此时系统会立即触发声光报警，强力吸引工作人员注意，督促其尽快检修，直至故障彻底排除。

三、系统配置计算

在本系统的设计规划当中，为了便于前期快速、精准地开展各项基础计算，均统一以输出功率P设定为1kW作为标准进行估算。如此一来，当实际工况对输出功率有着不同需求，要求达到XkW时，使用者只需将当前所得的各计算结果直接乘以X，便能

迅速、准确地得到与之对应的最终计算数值，操作高效便捷。就发电机的配置要求而言，其额定功率只需大于这一基准功率 P 就行。这意味着发电机在正常运转期间，不但能够稳定输出电力，满足当下各类设备的用电需求，与此同时，还预留有一定余力，可以同步完成对蓄电池的充电工作，确保整个电力系统供电的持续性与稳定性。

（一）蓄电池容量及体积计算

在本系统的架构设计里，有着独特的直流输出模式，其直流直接取自中间级，故而中间级到输出直流这一链路，近乎毫无能量损耗，效率可视为 100%。当系统满负荷输出 1kW 且全部为交流电时，对各环节的性能、配置要求极高，出于严谨考量，本次计算均按此工况进行。当下先进的逆变器，效率 η 已突破 94%，此处保守取值 94%^[8]。纵观全国，多数地区每日峰值日照时长 t 超 4 小时，为方便计算，设定为 4 小时。在静风状态下，要达成系统自循环，电池需具备 20 小时的供电能力^[9]。经缜密推算，电池容量：

$$C = P \times (24 - t) / \eta = 21.281 \text{ kWh}$$

现阶段，磷酸铁锂电池技术稳步发展，体积能量密度 ρ 普遍处于 200 - 300Wh/L 范围，此处取值 250Wh/L，由此算出电池体积：

$$V = C / \rho = 0.085 \text{ m}^3$$

（二）太阳能电池板功率及面积计算

在规划太阳能供电系统时，精确计算太阳能板的各项参数至关重要。已知需在特定光照时长内将蓄电池充足电量，这便对太阳能板功率提出了严苛要求。系统发电效率 η_1 经综合考量，稳定在 79%，以此为基准，结合用电总量 P 与每日光照时长 t，代入专业计算公式，缜密推算得出太阳能电池板功率：

$P_1 = (P \times 24) / (t \times \eta_1)$ ，数值精准锁定为 8.081kW。不仅如此，得益于当下前沿科技，高性能太阳能板的转化效率 η_2 已飙升至 40%，依据功率与转化效率间的紧密关联，顺势算出太阳能面

板理想面积：

$$S = P_1 / \eta_2, \text{ 算得 } S \text{ 约为 } 20 \text{ m}^2, \text{ 为项目实操筑牢数据根基。}$$

（三）风力发电机功率计算

在精心擘画电力供应蓝图时，风力发电作为可再生能源领域的“中流砥柱”，其稳定性至关重要，关乎整个供电体系的韧性与可靠性，尤其是极端天气这一特殊“考场”，更是不容有丝毫懈怠^[10]。以全国多数地区为样本深入剖析，会发现大自然的考验变幻莫测，连续阴天无光照的情况时有发生，光伏电力随之陷入“罢工”困境，风力发电却能逆势而上、挑起大梁。依据过往大量实测数据，多数地区风力发电效率 η_3 可达 25%，以此精准推算，风力发电的 P2 功率为：

$$P_2 = (P / \eta + C / 24) / \eta_3 \approx 8 \text{ kW}$$

四、结论

在当今通信领域飞速发展的态势下，模块化混合通信电源系统崭露头角，成为行业瞩目的焦点。本文对其展开了详尽且深入的剖析，全方位阐述了该系统的架构与特性。从系统组成来看，它整合了多类先进组件，各部分各司其职又协同配合；关键技术及原理更是蕴含着科技巧思，依托前沿技术实现高效电能转换与分配，为稳定供电筑牢根基。

尤为亮眼的是，它的自循环能力出众，仿佛拥有源源不断的动力“内核”，多重供电机制并行，筑起坚不可摧的电力防线，无惧突发断电。模块化设计堪称神来之笔，不仅便于维护、升级，还为新能源接入大开方便之门，太阳能、风能等皆能以模块化形式轻松融入。凭借智能化控制，遭遇“孤岛”困境时，它化身续航“担当”，应急时长远超传统电源；日常机房应用里，节能降本优势尽显，环保与经济效益双双“拉满”。有这些突出优势托举，模块化混合通信电源系统无疑会在持续创新的道路上一路疾驰，迎来更广阔前景。

参考文献

- [1] 杨哈竹. 通信电源技术发展趋势及标准研究方向 [J]. 中国新通信, 2023, 25(16): 22-24.
- [2] 马晓宇. 模块化数据中心通信电源供电技术分析 [J]. 中国新通信, 2023, 25(08): 3-5.
- [3] 贾平, 周鸿喜, 冷旭东, 等. 新型柔性通信电源系统的研究与应用 [J]. 电力信息与通信技术, 2021, 19(11): 117-122. DOI: 10.16543/j.2095-641x.electric.power.ict.2021.11.016.
- [4] 曹连兵, 周莲, 王新芳. 模块化数据中心通信电源供电技术的研究 [J]. 智能建筑电气技术, 2019, 13(03): 55-59. DOI: 10.13857/j.cnki.cn11-5589/tu.2019.03.013.
- [5] 刘斌. 通信电源一体化及关键技术分析 [J]. 中国新通信, 2024, 26(12): 1-3.
- [6] 田佳, 王雯婷, 季明明, 等. 基于智能模块化 -48V 通信直流电源的短路测试研究 [J]. 科学技术创新, 2024, (01): 221-224.
- [7] 汤连军. 通信电源的发展现状及应用要点分析 [J]. 华东科技, 2023, (02): 112-114.
- [8] 周高英, 孙赫. 智能通信电源在通信机房的实践探析 [J]. 中国新通信, 2022, 24(22): 19-21.
- [9] 赵建科, 任保将. 高效智能的通信电源技术发展趋势分析 [J]. 价值工程, 2020, 39(15): 255-256. DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2020.15.113.
- [10] 齐玉兵, 沈旭晓. 基于并联电池和模块化开关技术的一体化电源系统设计 [J]. 机电信息, 2019, (35): 138-139. DOI: 10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2019.35.074.