

Design of Micro-photovoltaic Charging System for 5G Base Station with Remote Control

Yuying Ma¹ Liang Ding² Yan Lv³ Xiankun Ren^{4,5}

1. School of Electronic Information Engineering, Shandong Polytechnic University, Jinan, Shandong, 250200, China

2. Linyi Licheng New Energy Co., Ltd., Linyi, Shandong, 276028, China

3. Shandong Linuo Photovoltaic High-tech Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250103, China

4. Shandong Linuo Sunshine Electric Power Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250103, China

5. Shandong Linuo Solar Power Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250103, China

Abstract

With the rapid development of 5G communication technology, the problems of high power consumption and high power consumption cost in 5G base stations are becoming increasingly obvious. In order to reduce the power consumption of base stations, realize a more green, efficient and sustainable development of 5G network, and meet the requirements of 5G development and network operation. In this paper, a design scheme of micro-photovoltaic charging which can be controlled remotely is proposed. Local control components such as photovoltaic module, charging circuit, storage battery and booster circuit and module control are introduced. The system can send control instructions to the remote place, handle abnormal state immediately and ensure the stability of the system. The example shows that the system can improve the charging efficiency, meet the energy demand of 5G base station, and the remote control function is stable, which can meet the practical application requirements.

Keywords

5G base station; micro photovoltaic charging; remote control; photovoltaic module

可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统设计

马玉英¹ 丁亮² 吕岩³ 任现坤^{4,5}

1. 山东工程职业技术大学电子信息工程学院, 中国·山东 济南 250200

2. 临沂力诚新能源有限公司, 中国·山东 临沂 276028

3. 山东力诺光伏高科技有限公司, 中国·山东 济南 250103

4. 山东力诺阳光电力科技有限公司, 中国·山东 济南 250103

5. 山东力诺太阳能电力股份有限公司, 中国·山东 济南 250103

摘 要

随着5G通信技术的快速发展, 5G基站电能消耗大、用电成本高的问题日益明显。为降低基站功耗, 实现更加绿色、高效、可持续发展的5G网络, 满足5G发展及网络运营要求。论文提出了一种可远程控制的微光伏充电设计方案, 引入光伏组件、充电电路、蓄电池、升压电路等本地控制组件, 组件控制模块, 该系统能够向远程发出控制指令, 即时处理异常状态, 确保系统的运行稳定性。经过实例验证, 证实该系统能够提升充电效率, 可满足5G基站能源需求, 且远程控制功能稳定, 可满足实际应用需求。

关键词

5G基站; 微光伏充电; 远程控制; 光伏组件

1 引言

随着移动通信技术的不断进步, 5G 网络已成为当今世

界的重要基础设施。然而, 5G 基站的能源需求也给传统的供电方式带来了巨大的挑战。考虑到环保和可持续性, 利用可再生能源为 5G 基站供电成为一种理想的选择。太阳能是一种广泛可用的可再生能源, 具有清洁、无限、低成本等优点。结合先进的远程控制技术, 我们可以设计一种可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统, 以满足 5G 基站的能源需求^[1]。本设计将微光伏充电系统与 5G 基站相结合, 构建出一套完整的可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统。该系统不仅可以为 5G 基站提供稳定的电力供应, 还可以通过智能远程控制技术, 实现对基站的实时监控和管理。

【基金项目】山东工程职业技术大学校内科研基金项目(项目编号: SDGCZ2101); 山东省技术创新项目(项目编号: 202360101005); 山东省重点研发计划项目(项目编号: 2021CXGC010202)。

【作者简介】马玉英, 女, 中国山东日照人, 硕士, 教授, 从事电子信息专业建设与教学研究。

2 5G 基站电源系统概述

2.1 5G 基站供电系统的组成

5G 基站供电系统是现代通信网络的重要组成部分，其稳定性和可靠性直接关系到基站的运行状态和通信质量。5G 基站供电系统如图 1 所示，具体组件及功能如下：①交流变压器。交流变压器用于将输入的交流电源转换成基站设备所需的稳定交流电源，具有初级和次级两个绕组，通过电磁感应原理实现电压的变换。在基站电源系统中主要作用是隔离电网与基站设备，同时提供电压变换和波形修正等功能。直流变压器用于将经过交流变压器变换后的交流电整流成直流电，以满足基站设备的用电需求，在基站电源系统中主要作用是提供直流电源，同时对电流进行限流和保护^[2]。②新能源转化装置。新能源转化装置能够将可再生能源转化为电能，如太阳能、风能等。这些能源的利用可以有效地降低 5G 基站的能源消耗，同时减少对传统能源的依赖，从而降低对环境的影响。③充电管理装置。充电管理装置作为 5G 基站供电系统的重要组成部分，主要负责对分布式电源及储能装置的充电管理。该装置具有智能化的充电控制策略，能够根据基站的电力需求及能源价格等因素，自动调整充电功率及充电时间，以实现能源的最大化利用效率。④电能存储装置。5G 基站主要采用锂离子电池和超级电容作为主要的电能存储形式。这些存储装置具有高能量密度、长寿命、快速充电等优点，为基站的持续供电提供了有力保障。

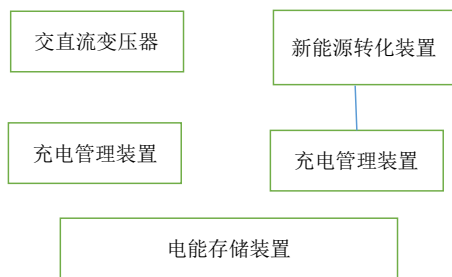


图 1 5G 基站供电系统组成

2.2 5G 基站电源系统的能量消耗分析

5G 基站电源系统的能量消耗主要包括以下几个部分：①设备能耗。包括整流器、电池组、配电单元等设备的电能消耗。其中，整流器的能耗占比最大，主要原因是 5G 设备的功率需求较大。②空调能耗。为了保持基站内部的温度和湿度，空调设备需要消耗一定的电能。在高温或高湿环境下，空调设备的能耗会明显增加。③照明能耗。基站的室内和室外照明设备需要消耗一定的电能^[3]。④其他能耗。包括基站维护工具、传感器等设备的电能消耗。⑤传输线路能耗。可远 5G 基站电源系统与基站中的其他设备之间需要通过传输线路进行连接，而这些传输线路也会有一定的能耗。这部分能耗主要取决于传输线路的长度、截面积以及传输速率等因素。

3 可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统设计方案

3.1 总体设计方案

随着 5G 技术的快速发展，基站的能源需求也在不断增长。传统的能源供应方式面临诸多问题，如供电不稳定、能源成本高、难以维护等。为了解决这些问题，提出了一种可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统设计方案，总体架构如图 2 所示。

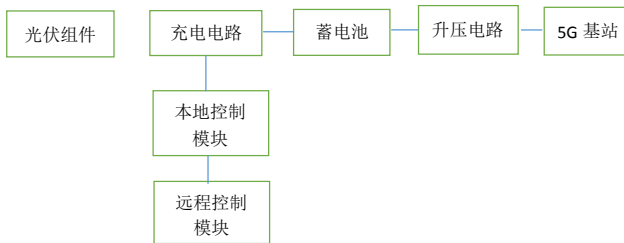


图 2 可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统总体架构

其中，光伏组件连接充电电路，主要作用为将太阳能转化为电能；充电电路连接的是蓄电池，主要功能是为蓄电池供电；蓄电池连接升压电路，不仅能够存储电能，而且可为 5G 基站供电；升压电路连接 5G 基站，除完成蓄电池输出直流电的升压操作外，还需要为 5G 基站提供服务；本地控制模块需要连接充电电路、光伏组件以及升压电路，其能够实现对微光伏充电系统充电策略的有效控制^[4]。远程管理模块连接的是本地控制模块，采用无线通信连接的方式，其主要功能是对微光伏充电系统工作状态的监测。

3.2 可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统组成

3.2.1 远程控制模块

该模块主要负责接收和发送远程指令，实现对基站的实时控制。该模块采用先进的物联网技术，实现与基站的实时通信。远程控制模块系统结构如图 3 所示。通过这个模块，管理员可以远程监控和控制 5G 基站的微光伏充电系统。管理员可以在任何时间、任何地点对系统进行监控和控制，从而大大提高了系统的可靠性和稳定性。该模块主要由处理单元与无线传输模块组成，其中处理单元在无线传输模块作用下连接至本地控制模块，不仅能够实现对充电系统工作状态相关数据的监测，而且能够根据数据对工作状态作出判断。远程管理模块主要由中央控制单元与云服务器组成，云服务器经 NB-IoT 网络能够连接多个处理单元，可存储工作状态数据；中央控制单元连接云服务，主要功能为发放命令信号，并对微光伏充电系统进行控制。NB-IoT 为蜂窝网络，消耗带宽约 180kHz，能够对 GSM 或 UMTS 网络进行部署，在减少部署成本的同时可促进平滑升级。获得工作状态数据后，处理单元会将数据封装为 JSON 的格式发送至云服务器。系统配备有多种传感器，用于监测电池储能单元的状态、环境光照强度等参数。这些数据将被实时上传至云平台，供用

户和管理员进行监控和控制。

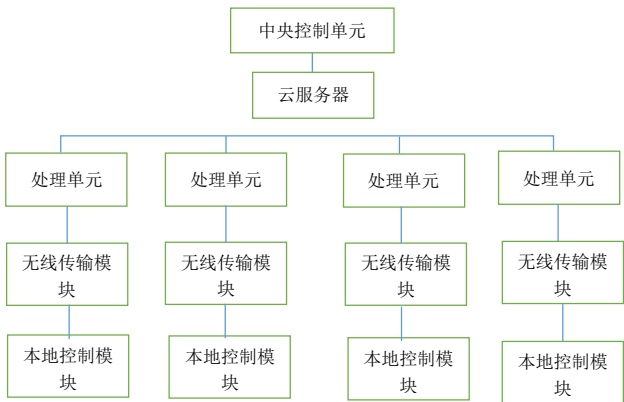


图 3 远程控制模块示意图

3.2.2 光伏充电模块

将太阳能转化为电能，为基站提供清洁、可再生的能源。该模块配有高效的充电控制器，可最大程度地利用太阳能。光伏充电模块主要由太阳能电池板、充电控制器和蓄电池组成。太阳能电池板将太阳能转化为直流电能，充电控制器对电能进行调节和稳定，然后通过直流输电线路将电能输送到蓄电池进行储存。充电控制器可根据实际情况进行选择，如 DC/DC 转换器、AC/DC 转换器等。此外，该模块还配备了多种安全保护功能，如过压保护、欠压保护和过载保护，以保障基站的稳定运行。在充电过程中，充电控制器还会对蓄电池的充电状态进行监测，确保充电安全和有效。为了避免在夜间或阴天等光照不足的情况下出现电力短缺，系统还包括一个储能装置，如蓄电池或超级电容器。

3.2.3 充电电路

充电电路主要由信号驱动单元、充电单元与充电保护单元三部分组成，系统结构如图 4 所示。信号驱动单元连接的是本地控制模块，主要是控制充电单元，若蓄电池电量与光照强度存在较大的差异，本地控制模块会利用控制信号驱动单元采取对应的充电策略为蓄电池供电；充电单元连接的是信号驱动单元，为蓄电池供电；充电保护单元则与充电单元连接，其能够对充电电路起到保护作用^[5]。充电保护单元除过流保护外，还同时覆盖了过压保护、短路保护及高温预警多种功能。该系统可以实时监控各部分的运行状态，并在出现异常情况时发出警报，以便及时进行维护与修复。

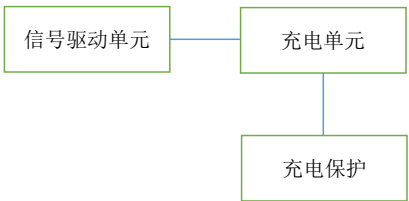


图 4 充电电路系统结构示意图

3.2.4 本地控制模块

本地控制模块基于嵌入式系统设计，具有以下主要功

能：①电力分配：根据基站的电力需求，本地控制模块将电池储能单元中的电力分配给基站及相关设备，确保其正常运行。②设备控制：通过嵌入式系统，本地控制模块可以控制光伏板的充电状态、电池储能单元的充放电状态以及充电控制器的运行状态。③数据交互：本地控制模块通过物联网技术，与远程监控单元进行数据交互，实时上报电池储能单元的电量、充电状态等信息，并接收远程监控单元的控制指令。④故障诊断：本地控制模块具有故障诊断功能，能够实时监测系统的运行状态，发现异常情况及时上报远程监控单元，以便快速采取相应措施。⑤能量管理：根据基站的电力需求以及光伏板的发电情况，本地控制模块可以对电池储能单元进行智能充电管理，确保电力供应的稳定性和持续性。经 NB-IoT 物联网，本地控制模块可在云服务器、中央控制单元上传设备状态信息、故障信息以及电池温度等信息，实现设备的自检报警与故障信息推送。中央控制单元还能够对 5G 基站的位置、运行状态及环境信息进行监测，实现对基站功率计开关的远程设置。当发现存在基站故障后，可精准确定故障基站位置，从而予以检修，提高了工作效率。

3.2.5 通信与数据传输

通信与数据传输具备了远程控制的功能，通过高效的数据传输和通信技术，实现对基站的远程监控和控制。这不仅大大提高了基站的工作效率，同时也降低了人工干预的频率，从而节省了大量的人力资源。其次，该模块还集成了微光伏充电技术，这是一种绿色、环保的能源技术，通过太阳能电池板将太阳能转化为电能，为基站提供持续的电力供应。这不仅解决了基站电力供应的问题，同时也降低了对传统能源的依赖，为实现绿色通信做出了贡献。此外，这种模块还具备了强大的数据传输功能。通过高速的数据传输通道，实现数据的实时收集、传输和分析。这为基站的工作状态监控、能源管理等方面提供了强有力的支持。

3.2.6 仿真控制模块

仿真控制单元是本设计的核心部分。该模块主要负责电源系统的智能管理。通过引入先进的控制算法，实现对蓄电池的充放电管理、电量监测等功能，保证基站的稳定运行。它能够根据基站的能源需求、电池储能单元的电量以及外部环境因素（如天气和时间），进行智能仿真和控制，预测未来的能源需求，并提前进行调度和分配，以提高能源使用效率，并确保基站的稳定运行。基站供电仿真控制模块如图 5 所示。

3.2.7 用户界面设计

用户界面采用直观的图形化设计，以白色为主色调，搭配绿色和灰色元素。主界面分为四个主要区域：状态显示区、操作区、报警区和日志区。功能模块：①状态显示区：显示微光伏充电系统的当前状态，如电池储能单元的电量、充电控制器的工作状态等。②操作区：提供一系列控制按钮，如启动 / 停止充电、设定充电阈值、查看系统日志等，用户

可以通过点击相应按钮进行操作。③报警区：当系统出现异常情况时（如电量过低、光照不足等），该区域将显示相应的报警信息，以使用户及时发现并处理问题。④日志区：显示系统的历史操作记录和报警信息，方便用户追溯系统的运行情况。当系统发生重要事件时（如启动/停止充电、报警等），界面将发出声音提示，以使用户及时了解情况。

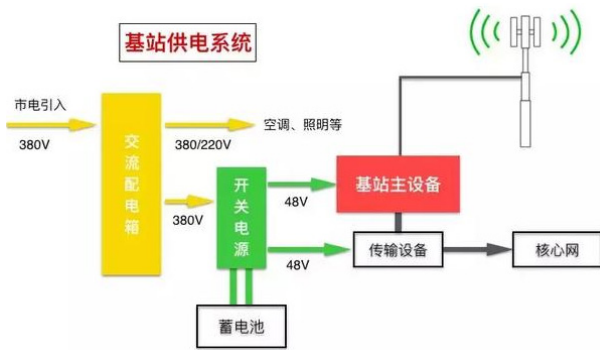


图 5 5G 基站供电仿真控制模块

4 实例验证

为了验证该系统的性能、安全性和可靠性，进行了仿真实验，搭建实验平台：构建包含太阳能电池板、充电控制器、蓄电池、负载设备及 5G 网络的实验平台。在实验过程中，实时采集充电控制器的电流、电压等数据，以及蓄电池的电量数据。同时，记录环境光线强度、天气等自然条件。远程控制实验中，通过 5G 网络，发送控制信号给充电控制器，实现远程控制。控制信号包括开始充电、停止充电、调整充电电流等。根据采集到的数据，分析微光伏充电系统的充电效率、稳定性以及远程控制效果。比较在不同环境条件下的表现，找出系统的优缺点及改进方向。光伏发电及储能充电相关波形如图 6 所示，其能够实现直流微电网的稳定性与可靠性。

在不同的天气条件下测试了系统的充电效率和供电能力。实验结果表明，该系统在晴朗的天气下可以实现较高的充电效率和供电能力，能够满足 5G 基站的能源需求。其次，我们测试了系统的远程控制功能。通过手机 APP 或网络控制平台，我们可以实现对系统的远程监控和控制，包括实时监测系统状态、调整充电电池电量、设置 5G 基站负载优先

等级。实验结果表明，该系统的远程控制功能稳定可靠，能够满足实际应用需求。最后，我们还测试了系统的能源利用效率和节能效果。通过与传统能源供应方式进行对比实验，我们发现该系统的能源利用效率较传统方式提高了 20%，同时节能效果也十分显著。实验结果表明，该系统具有较高的实用价值和推广价值。

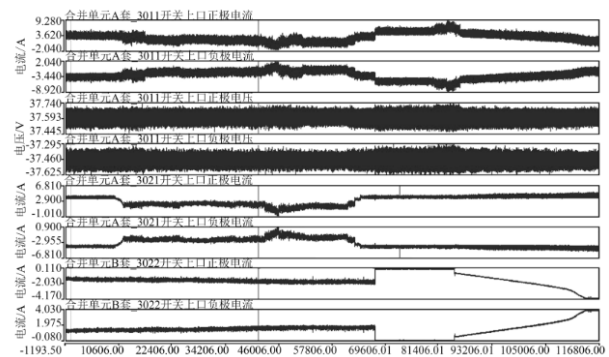


图 6 光伏发电、储能充电波形示意图

5 结语

可远程控制的 5G 基站微光伏充电系统是一个集高效、环保、智能于一体的充电系统，它将 5G 通信技术、光伏发电技术和智能充电技术完美地结合在一起，实现了远程控制、绿色环保、高效充电的三大目标，不仅可以满足 5G 基站的能源需求，提高能源利用效率，还可以降低运营成本，提高充电系统的灵活性和便利性。

参考文献

- [1] 王艳茹,尹喜阳,欧清海,等.基于能量共享与交易协同的5G融合配电网基站储能调控方法[J].中国电力,2023,56(6):61-70.
- [2] 朱永生,赵红丽,卢娜,等.基于PSO和变步长电导增量法的5G基站充电策略[J].信息技术与信息化,2023(7):172-175.
- [3] 李金雨,宋福龙,马俊杰,等.基于5G基站可调度潜力与配电网集群划分的储能选址定容方法[J].电力系统自动化,2023,47(18):151-160.
- [4] 封钰,俞永杰,史雪晨,等.多站融合模式下基于共享储能的多主体交易机制设计[J].电力需求侧管理,2023,25(4):21-27.
- [5] 张翔,王墨,周振宇,等.考虑光伏集成5G基站用能模式的多主体共享储能优化配置[J].电测与仪表,2023,60(3):97-106.