

一种便携式储能放大器

郑勇伟 张江华 文宏武 肖钧元
(广东电网有限责任公司湛江供电局)

摘要：目前在台区现场因各种原因，存在交流电源缺失、通讯信号较弱问题，无法完成抄表工作，严重影响工作效率，增加工作负担。因此，研究一种便携式储能放大器，通过使用便携式储能电源给台区设备供电，内嵌信号放大器在信号微弱地区增强通讯信号，完成抄表作业，大大提高计量运维抄表工作的效率，保证计量运维工作的正常运行，让客户用上放心电，明白电，实现每月抄表率全覆盖达到 100%。

关键词：抄表作业；便携式储能；信号放大器

0 引言

近年来，我国城市化、工业化建设进程逐步加快，工农业生产以及居民日常生活需求持续增加，在极大地带动我国电力企业迅速发展的同时，也给电力企业抄表管理工作增加了很大的困难。其中最为突出的问题是现场因为没有电导致无法完成抄表工作。目前市面上有比较多的移动储能电源，作为应急电源，在实际应用中能很好地应对突发停电情况，但具有许多缺点：普遍功率和外形体积都比较大，不方便携带，对于外出作业显得比较笨重，而且集中器没有信号放大功能，工作人员在实际抄表过程中遇到在信号微弱环境下无法抄表，需要拆下来带到有信号区域完成抄表作业再装回去的情况，大大降低了抄表工作的效率。针对目前的问题，设计一种便携式储能放大器，便携式储能体积小、轻便、输出功率也相对

小；内置信号放大器，提高信号传输的增益、提升信号的稳定性，方便工作人员在微弱信号环境下抄表作业，大大提高抄表工作的效率，实现每月的抄表率从 95% 提升到 100%，达到了全区域覆盖抄表，具有十分重要的实际意义。

1 整体设计

便携式储能放大器采用模块化设计，主要由控制器、储能电池、110VAC 逆变模块、220VAC 逆变模块、信号放大器、开关、显示屏、机械模块组成。其中，控制器对储能电池进行智能管理，确保装置的持续稳定运行。控制器负责监控装置运行状态，实时调节各模块的工作，以适应不同的操作环境。储能电池通过逆变模块将电压提升至 110VAC 和 220VAC。信号放大器用于增强输入信号的强度和质量，确保在

长距离传输中信号的完整性。显示屏实时显示装置参数，如电池电量、输出电压和信号强度，方便用户进行监控和操作。

2 机械设计

本装置的外壳采用高品质的 SUS304 不锈钢材料，该材料以其卓越的耐腐蚀性、耐高温性和高强度著称，是工业设备外壳的理想选择。SUS304 不仅能够有效抵御恶劣环境中的氧化和腐蚀，而且具备良好的机械性能，确保设备在长期使用中的稳定性与安全性。外壳设计过程中，采用先进的开模技术，确保每一个细节精确无误，外形美观大方，符合人体工程学设计，便于操作和维护。此外，外壳表面经过精细处理，增加了防指纹和易清洁功能，提升了设备的实用性和耐用性。机械设计如图 1 所示。

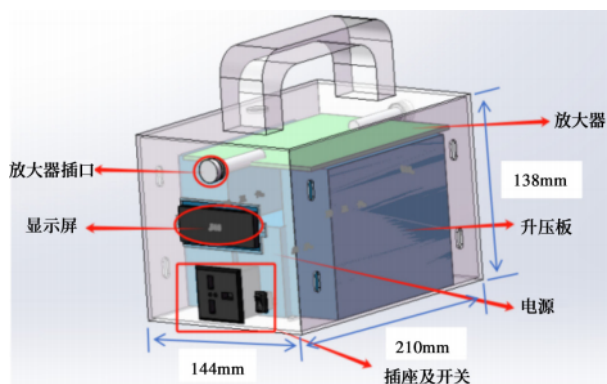


图 1 机械设计

3 电子设计

3.1 储能电池设计

如果按照信号放大器（待机功耗和工作功耗）平均功率 5W，集中器（待机功耗和工作功耗）平均功率 6W，电表（待机功耗和工作功耗）平均功率 4W，合计 $5+6+4=15W$ 。选择电池容量 600Wh，

$600Wh/15W=40h$ ，一天按照 2h 计， $40h/2h=20$ 天，20 个工作日。选择电池型号：12V，600Wh。

针对负载（信号放大器、集中器、电表）实际工作功耗，优化储能电池管理策略、智能调度，以实现储能电池最优工作，最大时间带负荷运行；增强装置的环境适应性设计，确保其在各种恶劣环境下仍能稳定运行；同时，引入 PID 算法来优化升压与电压转换过程，提高电能利用效率。

3.2 电子电路设计

DC-AC 逆变器用于将 12V 直流电压转换为 220V 交流电压，采用基于 CW3525A PWM 控制器芯片，主要由振荡器、驱动电路、功率开关管、变压器和整流滤波等部分组成。具体工作：①电源部分：输入为 12V 电源，通过保险丝（FU，30A）进入电路，确保电路在过流时能切断电源以保护电路。②振荡器部分： R_1 、 R_2 、 C_1 构成 CW3525A 的振荡器，决定了电路的振荡频率。CW3525A 是一个 PWM（脉宽调制）控制器，频率的设置影响 PWM 信号的频率。 R_3 、 R_4 连接到反馈引脚（第 1 脚），用于稳定振荡器的工作状态。 R_5 、 C_2 构成了振荡器的频率补偿网络，确保振荡器在不同温度下工作稳定。③误差放大部分： R_6 、 R_7 连接到误差放大器的输入端（5、6 脚），用于调节放大器的增益，并最终调节输出电压的稳定性。 C_3 是一个滤波电容（1000pF），它与 R_8 （20k Ω ）一起构成一个 RC 网络，用于进一步稳定放大器的工作。④驱动部分：CW3525A 的 11、14 脚是 PWM 信号的输出端，分别驱动两个 MOSFET 晶体管（VT1 和 VT2，型号为 2SK851）。 R_9 、 R_{10} 分别是 VT1 和 VT2 的栅极电阻，用于限制栅极驱动电流，保护 MOSFET 并确保其安全工作。⑤升压变压器：T 是升压变压器，CW3525A 的 PWM 信号驱动 MOSFET 开关，使变压器的初级绕组交替通断，从而在次级产生高压交流电。电子电路设计如图 2 所示。

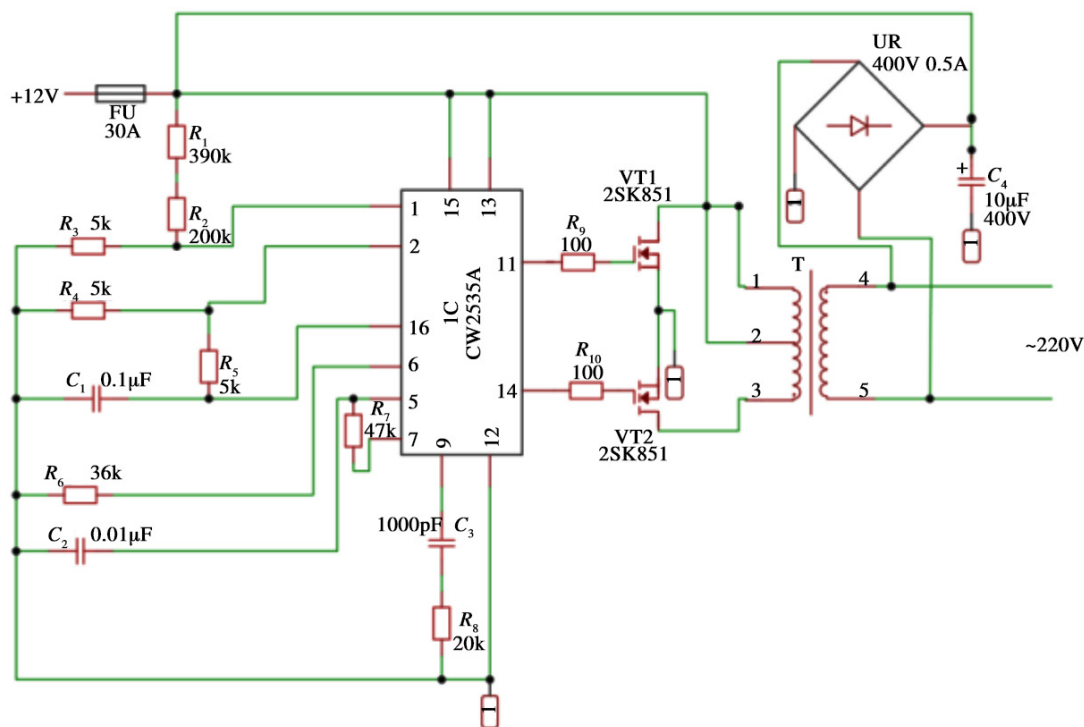


图 2 电子电路设计

3.3 信号放大器设计

放大器模块功能：通过接收较弱的原始信号并放大处理，增强无线信号强度及覆盖范围。信号接收天线功能：捕捉来自附近通信基站发射的电磁波信号。信号发射天线功能：把经过信号放大器放大的信号发射出来。

技术原理：①信号下行模块信号处理技术。利用天线将基站下行信号接收到信号模块，通过低噪声放大器放大有用信号，抑制信号中的噪声信号，提高信噪比；然后变频转换为中频信号，经滤波器滤波，中频放大，转换为射频，通过功率放大器放大。②信号上行模块信号处理技术。利用天线接收移动上行信号，由上行放大电路沿相反的路径进行

处理，经过低噪声放大器、变频器、滤波器、放大器、功率放大器，发送到基站，实现基站与增强设备之间的双向信号通信。③上行信号和下行信号放大增强稳定，不干扰基站，设备功率可控，安全低辐射，低噪声，三网通用，支持单频 / 双频 / 三频 / 四频；采用波束成形 Beam forming 技术，自动定位网络中的终端设备，定向传输，信号传输更稳定；采用自动增益控制技术满足通信信号的覆盖范围需求，同时针对不同频段的特性进行特殊优化，自动过滤干扰，智能放大信号，使得信号更强更广更稳定；重点研究噪声系数、驻波比系数、三阶互调、频率滤波等技术参数。信号放大器整体参数如表 1 所示。

表 1 信号放大器整体参数

放大器模块参数			
Frequency Range 频率范围	Frequency 频率	Uplink 上行	Downlink 下行
	GSM	890~915	935~950
	DCS	1710~1785	1805~1880
	WCDMA	1920~1980	2110~2170
Output power 输出功率		17±2dBm	20±2dBm
Gain 增益		65±3dBm	70±3dBm
信号接收天线参数			
产品名称	对数周期天线	增益	9dBI
频率范围	698-960/1710-2700MHz	阻抗	50Ω
驻波比	≤1.5	极化方式	垂直极化
最大功率	50W	雷电保护	直流接地
接头类型	N 母头	工作温度	-40~+65℃
天线尺寸	20.5×5×29cm	线材	RG58
重量	0.375kg	包装尺寸	25×6×30cm
信号接收天线参数			
天线型号	GSM/3G	频率范围	824-960/1710-1990 5dB
天线长度	21cm	接头类型	N 公头

4 实物

便携式储能放大器聚焦于构建一个以电池为核心动力的储能放大器装置，主要目标是产生交流电源、实现信号高效稳定放大，集成了精密控制器、高密度储能电池、先进 110VAC/220VAC 逆变技术模块、便捷开关控制单元、直观显示屏界面。储能放大器装置具备良好的适应性，能够应对温度变化、湿度波动、机械震动、现场实际应用等多种不利因素。便携式储能放大器实物如图 3 所示。



图 3 便携式储能放大器实物

通过 CellularZ 实时监测信号质量，放大器测试如图 4 所示。RSRP 从图 4a 放大器不工作的 -110、-108 增加至图 4b 放大器工作的 -56、-59，增益 49~54dBm，信号强度增大了很多，满足通讯信号放大的需求，使得电网集中器的通讯更加稳定可靠，低压抄表作业顺利进行。



(a) 放大器不工作 (b) 放大器工作

图 4 放大器测试

5 结束语

该便携式储能放大器利用储能电池供电，结合逆变技术，产生 110VAC/220VAC，打造既稳定可靠又高效节能的信号放大解决方案，不仅满足了电网集中器信号放大的基本需求，而且在电源环境适应性、操作简易性等方面实现了显著提升，为信号放大领域带来了全新的技术突破，保证低压抄表作业的正常运行，提高低压集抄在线率与实抄率。

(下转第102页)

参考文献

- [1] 李佳, 文宏武. 一种集中器信号增强设备及电源解决方案 [J]. 农村电工, 2024, 32 (6): 36.
- [2] 文宏武. 一种电网集中器信号增强设备的研发 [J]. 大众用电, 2023, 38 (9): 33-34.
- [3] 王靖博, 宋建宏, 景花. 关于手机信号放大器对基站干扰的定量分析以及应对措施 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (8): 347-348, 351.
- [4] 林秀清, 蒋雯, 倩杨舟, 等. 计量终端无线公网信号不良解决方案的应用分析 [J]. 广西电力, 2020, 43 (5): 14-18.

(收稿日期: 2024-09-10)