

模拟 3 个台区运行环境的低压集抄运维仿真实训装置设计

何圣川*, 范文豪, 崔 卓, 杜 俭, 姚文莹, 齐丹丹

(广东电网有限责任公司广州供电局, 广东 广州 510620)

摘要: 为解决电力系统低压集抄运维培训中故障模拟不足、智能化水平低和安全性缺陷等问题, 设计一种新型低压集抄运维仿真实训装置, 可模拟 3 个独立台区 (台区 I、II、III) 的运行环境, 进行全载波、半载波、全 485 组网方案的设定; 通过 PC 终端统一调控, 支持自动分析、智能检验和 3 级安全保护, 形成虚实结合的训练模式, 从根本上提升了现场培训的安全性、科学性和有效性, 对全面提高电力计量业务水平具有重要意义。

关键词: 低压集抄运维; 实训装置; 台区; 多业务场景

中图分类号: TM765

DOI: 10.13882/j.cnki.ncdqh.2507A041

CSTR: 32400.14.ncdqh.2507A041

Design of a Low-Voltage Concentrated Meter Reading Operation and Maintenance Simulation Training Device Simulating the Operation Environment of Three Transformer Areas

HE Shengchuan*, FAN Wenhao, CUI Zhuo, DU Jian, YAO Wenyong, QI Dandan

(Guangzhou Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangdong Guangzhou 510620, China)

Abstract: According to national regulations, during the process of looped power transfer in low-voltage distribution areas, the two power sources must not be directly interconnected. Instead, one source must be disconnected before closing the low-voltage tie switch, resulting in short-term power outages. To address this issue, there is an urgent need for a device that can rapidly determine whether the dual power sources meet the conditions for loop closure. This paper presents the design of a low-voltage dual power supply loop detection device. By collecting voltage, frequency, phase, and phase angle data and applying a loop-closing algorithm, the device automatically determines the loop connection conditions, enabling seamless power transfer in low-voltage distribution areas with zero user perception. The device is also portable and supports one-to-many operations, effectively reducing equipment investment costs.

Keywords: low-voltage concentrated meter reading (LVCMR) operation and maintenance; simulation training device; distribution areas; multi-service scenarios

0 引言

近年来, 广东电网开始认识到低压集抄工作的重要性, 提出全网智能电表覆盖率 100% 和低压集抄覆盖率 100% 的两大建设目标。为落实这两项建设目标, 提升低压集抄自主运维水平, 市县级供电公司展开了一系列的低压集抄运维培训, 指导人员进行表计调试和终端运维。这类培训多依赖理论教学或简单设备操作, 缺乏对复杂现场环境 (如多台区组网、通信故障、窃电场景) 的全流程仿真能力, 整体效果并不理想^[1], 见表 1。

收稿日期: 2025-07-11

基于此, 本文依据南方电网公司关于低压集抄自主运维相关技术要求, 设计一种多功能、高仿真的低压集抄运维培训装置, 支持多种组网方式的业务需求, 可实现表计安装、现场调试、抄表试验、故障检查及排除恢复、互通性测试等, 全方位提升低压集抄运维培训的实用化效果。

1 设计思路

1.1 技术指标

按照 DL/T 448—2016《电能计量装置技术管理规程》、DL/T 825—2019《电能计量安装接线的管理规程》、Q/CSG 113007—2012《低压用电客户电

表1 传统低压集抄运维培训工作的缺陷与不足

主要方面	具体表现
场景覆盖不足	传统设备无法模拟多台区联动、跨台区负荷切割等复杂场景
故障模拟不足	现有设备难以实现计量回路、通信回路、表计本体等全类型故障的灵活设置与恢复
智能化水平低	缺乏一键下发/恢复故障、智能仿真主站联动、远程数据修改等自动化功能
安全性缺陷	操作过程中缺乏对误操作的保护机制，存在设备损坏和人员安全风险

能计量装置典型设计》、Q/CSG 11109003—2013《中国南方电网有限责任公司低压电力用户集中抄表系统集中器技术规范》，本次设计的低压集抄运维仿真实训装置应涵盖低压集中抄表系统中的Ⅰ、Ⅱ型集中器，Ⅰ、Ⅱ型采集器，单相、三相远程费控智能电表，载波表，微功率无线电能表，由Ⅰ型集中器方案与Ⅱ型集中器方案自由组网，以增强装置的综合性能^[2]，见表2。

1.2 功能设计

考虑到低压集抄运行方式的特殊性和运维场景的多样性，本次设计的低压集抄运维仿真实训装置重点解决场景覆盖和故障模拟中的缺陷，通过台区协同和智能控制，增强低压运维集抄的智能化水平和安全性保障^[3]，即：

3个台区协同。按照现阶段低压集抄中的全载波、半载波和微功率无线组网方案，设计3个台区协同仿真，以便于多台区检查和跨台区处置。

一体机联控。通过模块自动采集表计数据、通信数据等，分析表计接线、组网方式、组网通信等是否存在故障。PC终端识别出异常操作和远程故障后，及时发出告警信号，并告警情况执行三级安全保护。平台将培训中的设备信息、关键参数等可视化展示，用于计量分析和运维整改。

2 装置设计

2.1 主体结构

本次设计的低压集抄运维仿真实训装置采用3柜体组合设计，单台3工位可进行不同实操演练。每个操作面均配置三相三线表位1个、三线四线表位1个、单相表位3个。同时，还独立设置语音计时模块、电源指示模块、仪器仪表插座、工器具托

表2 低压集抄运维仿真实训装置的关键指标

关键指标	技术参数
装置主体	外形尺寸：2 000 mm×650 mm×1 900 mm
	设备质量：≤200 kg
	移动搬运：兼容组装拆卸，配置刹车万向轮，自带承重支脚
	安全保护：三级安全保护措施
虚负荷电源	供电电源：AC 220 V±22 V，50 Hz；功耗≤3 kW
	输出电压：3×57.7/100/220/380 V之间任意调节切换并具备分相调节能力，调节范围0~120%，调节细度0.1 V
	输出电流：3×(0~5) A之间任意调节并具备分相调节能力，调节范围0~120%，调节细度0.1 A
	独立设计：每个表位负荷及每相均具有多个负荷档位可调；每个表位相互独立互不干扰；A、B、C每相负荷均具有线性可调
单相智能仿真表	电压/电流：AC 220 V，5(20) A
	接口通信：2路485接口，自带载波
	功能设置：可设置故障，南网协议，可实现电能表正反向有无功数据、尖峰平谷数据、本上月数据、电压电流功率数据等参数的设置与修改，可实现显示类、采集类和计量类3大类现场常见故障的模拟，以满足培训需求
三相智能仿真表	电压/电流：AC 3×220 V，3×1(10) A
	接口通信：2路485接口，自带载波
	功能设置：可设置故障，南网协议，可实现电能表正反向有无功数据、尖峰平谷数据、本上月数据，电压电流功率数据等参数的设置与修改，可实现显示类、采集类和计量类3大类现场常见故障的模拟，以满足培训需求
仿真终端	电压：AC 3×220 V
	接口通信：2路485接口，不带交采，上行GPRS/以太网/SIM卡，下行载波
	功能设置：可设置故障，南网协议，具有通信类、显示类、计量类、采集抄读故障等

盘等，见图1。

机柜结构设计为模拟屏式，便于观察和操作。柜体采用合金材料，加装支撑脚和辅助轮，轻便、牢固，易于移动；独特的工业造型设计，表面采用磷化喷塑处理，美观、耐久。装置主体可根据使用情况进行拆组和移动，更加契合培训需求。

机柜设置3个台区，从左到右依次为台区Ⅰ、

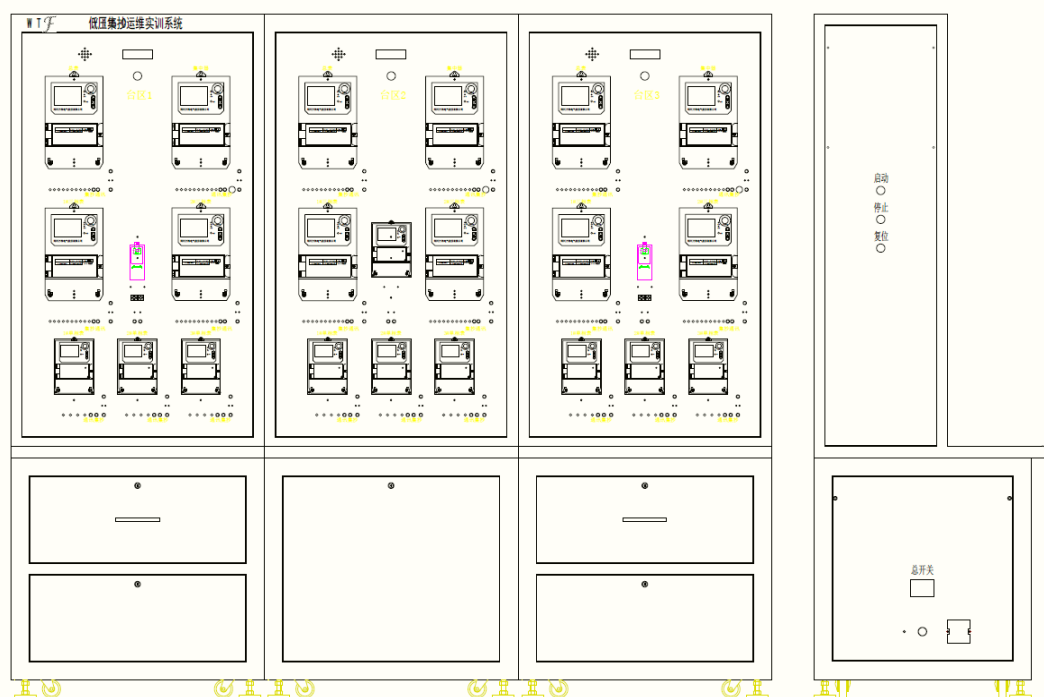


图1 模拟3个台区运行环境的低压集抄运维仿真实训装置

Ⅱ、Ⅲ。每个台区模拟1个集中器、1个总表,1个三相经互感器用户、1个三相用户(直通表用户)、3个单相用户。可模拟多种组网方案、跨台区故障处理等,适用于多场景业务培训^[4]。

机柜上部设计有电源指示灯、语音和计时器,可用于培训过程中的计时、提醒和告警。下部设计有总开关、电源剩余电流动作保护开关和金属接线端子,可直接使用接地线将金属接线端子与大地连接,进行接地保护。

机柜侧面中间有3个按钮:绿色为启动按钮,开机时按动此按钮;红色为停止按钮,关机时按此按钮;黄色为复位按钮,能够复位所有部件。

2.2 功能优化

本次设计的低压集抄运维仿真实训装置由安装调试模块、采集组网模块、计量故障模块、485通信故障模块、表计本体故障模块、终端本体故障模块、负荷切割故障模块、跨台区故障模块和集抄运维交互式培训系统构成,可进行表计、采集终端等装置的安装接线、采集组网选择培训与实操,模拟运行情况展开低压集抄运维故障查找、分析和处理,实现低压集抄系统维护、调试、升级和验收,并测试组网通信和自主防护等。

上述功能均通过PC终端实现,各模块在PC控

制下统一协调工作,实现故障下发、状态上传等数据传输功能^[5],见图2。

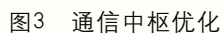
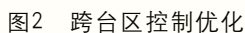
图2中各模块数据独立,1#虚负荷电源负责台区Ⅰ的电压、电流输出,2#虚负荷电源负责台区Ⅱ的电压、电流输出,3#虚负荷电源负责台区Ⅲ的电压、电流输出。单台区数据传输时,台区中的网络继电器(ZQWL-IO-2CNRC16)可进行3个台区之间的负荷切割,能满足台区与台区间任意计量点负荷切割故障设置。跨台区数据传输时,台区Ⅰ可跨接到台区Ⅱ或台区Ⅲ,台区Ⅱ或台区Ⅲ只能跨接到台区Ⅰ。

为进一步提升低压集抄运维仿真实训装置的实用效果,本次设计时通过CAN总线、以太网及RS485协议互联,集成控制板实现数据交互与故障下发^[6]。即由1台PC终端和3台交换机多通道传输,每个台区配置一个CAN通信控制板,负责各个台区的通信,见图3。

这种方式数据传输更稳定,通信效率更高,使智能仿真表和仿真终端联动更可靠,为低压集抄运维仿真实训提供了强有力的保障。

3 应用效益

模拟3个台区运行环境的低压集抄运维仿真实



全面性。该装置采用三柜体组合设计,模拟3个独立台区(台区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ),支持全载波、半载波、微功率无线等多种组网方案。设置网络继电

器实现台区间负荷切割功能,支持跨台区故障模拟与恢复。其整体覆盖低压集抄全业务流程,支持安装、调试、运维及反窃电培训。

高效性。该装置内置仿真主站系统,通过以太网或无线通信与真实计量自动化系统对接,可提升数据分析效率。同时,系统支持一键故障设置/恢复功能,可缩短培训周期。将其应用到跨台区故障排查实训时,学员结合频率差异和拓扑分析,排查跨台区电量归属错误或通信冲突平均耗时仅需要 5 min,使培训效率大大提升。

安全性。该装置设置三级安全防护,在操作误判时可自动切断电源并语音报警,防止设备损坏及人员触电。同时,还支防篡改保护,可将关键参数加密存储,经权限验证后方可进行故障设置,避免恶意篡改数据造成的数据丢失或设备损坏。

可拓展性。该装置采用模块化设计,有利于拓展升级。如该装置可与计量自动化系统协同,进行反窃电模拟或线损分析,即内置集成窃电场景生成器,可模拟高频干扰、强磁攻击等窃电行为;设置 AI 模块,可进行台区线损、变损的实时计算与分析等。

4 结束语

模拟 3 个台区运行环境的低压集抄运维仿真实训装置采用三柜体组合设计,支持 I 型集中器方案与 II 型集中器方案自由组网;通过 PC 终端控制,形成 CAN 总线、以太网及 RS485 协议互联的高效通信模式;设置模块化结构,可按照低压集抄业务情况不断拓展和优化。该装置具有故障类型全、覆盖面广、采集方案全等优点,是集培训学习、理论验证、实操竞赛、考核鉴定于一体的多功能设备,具有广阔的市场前景和发展空间。

参考文献

- [1] 林龙凤,吴丹莉.互联网时代低压集抄自主运维培训新思路[J].中国新通信,2020,22(1):39-40.
- [2] 杨伊璇.基于多业务场景的低压集抄培训联动系统研究[J].科学技术创新,2019(17):90-91.
- [3] 李桂萍,罗锡铭.基于多业务集成的计量运维培训装置的研究与应用[J].机电信息,2019(33):54-55.
- [4] 刘宏伟.基于半实物仿真的抄表系统自动化测试平台设计[J].计算机测量与控制,2022,30(12):51-57,63.

[5] 杨蓝初,罗锡铭,范祖明.多用途计量终端培训装置研制与应用[J].电力系统装备,2021(18):159-161.

[6] 杨叶奎,杨若雲,杨皓.电力系统多用途智能实训平台的研究及应用前景[J].农村电气化,2022(2):82-84.

作者简介

何圣川(1992—),男,大学本科,工程师,长期从事电能计量、电力营销培训, E-mail: 892911780@qq.com.

(责任编辑:袁航)

资讯

宁夏银川公司:“RPA + 大模型”智能升级工作票二次审核

2025 年 7 月 17 日,国网宁夏银川供电公司成功构建工作票二次审核场景应用,通过“RPA + 大模型”技术融合,实现了工作票审核流程的自动化升级,推动审核工作从“人工校验”迈向“智能核验”,为基层作业减负增效注入新动能。

以前的工作票签发、许可等审核环节不仅需投入大量人力,还常因人工审核标准不一、准确性不足等问题影响工作质效。为解决这一问题,国网银川供电公司深入调研,构建了涵盖设备双重名称、接地线编号、时间逻辑等 6 项通用规则,以及标志牌设置、围栏设置等 3 项变电专业规则的审核体系,为智能审核提供了精准“标尺”。

该应用依托 RPA 自动化流程,可自动登录 PMS 系统抓取工作票编号、类型、时间、工作内容、作业人员、安全措施等关键信息,通过文档提取器获取校验所需数据后,借助工作流分支对各项规则逐一校验,最终汇总生成审核结果。整个流程中,用户只需向指定邮箱发送标题为“工作票检查”的邮件并注明制票人,RPA 便会自动监控邮箱,抓取对应工作票内容,开展智能审核,并将结果实时反馈至用户邮箱。

此次技术创新,不仅通过“RPA+大模型”融合解决了源端系统数据实时接入难的问题,更凭借大模型的语义理解能力提升了现场安全措施校验的精准性。应用落地后,基层班组工作票签发人、许可人的审核压力将显著减轻,审核精准性大幅提高,整体工作效率提升 70%。

信息来源:国家电网有限公司