

# 关口电能表多回路自动控制与检测装置的研究

杨 娴<sup>1</sup>, 黄 珏<sup>1</sup>, 徐佳隆<sup>2</sup>, 陈龙瑾<sup>1</sup>, 李佳莹<sup>1</sup>

(1. 海南电网有限责任公司电能计量中心, 海南 海口 570100;

2. 海南电网有限责任公司三沙供电局, 海南 海口 570311)

**摘要:** 为提升关口电能表数据分析, 提高工作效率, 设计了一种关口电能表多回路自动切换装置, 对不同线路的二次电流、二次电压及电能表脉冲信号进行自动切换, 达到自动读取各个线路相关信息的目的。首先, 对几种可能的切换方案进行了分析, 明确各个方案的优缺点; 其次, 设计了一套安装于关口变电站计量屏柜中的关口电能表自动切换装置, 实现了不同线路运行关口电能表二次回路自动控制, 并对研发的装置进行指标分析; 最后, 研究了自动检测装置, 实现了各种电能计量自动化设备性能、功能和通信的一体化智能检测。

**关键词:** 电能表; 自动切换; 检测

## Research on multi-loop automatic control and detection device of gateway electric energy meter

YANG Xian<sup>1</sup>, HUANG Jue<sup>1</sup>, XU Jialong<sup>2</sup>, CHEN Longjin<sup>1</sup>, LI Jiaying<sup>1</sup>

(1. Electric Energy Metering Center of Hainan Power Grid Co., Ltd., Haikou 570100, China;

2. Sansha Electric Power Supply Company Limited, Haikou 570311, China)

**Abstract:** In order to improve the data analysis of the gateway electric energy meter and improve the work efficiency, a multi-circuit automatic switching device of the gateway electric energy meter is designed to automatically switch the secondary current, secondary voltage and meter pulse signal of different circuits to automatically read relevant information of each circuit. Firstly, several possible switching schemes were analyzed, and the advantages and disadvantages of each scheme were clarified; secondly, a set of automatic switching device for the gateway electric energy meter installed in the metering panel of the gateway substation was designed to realize the operation of the gateway electric energy meter for different lines. The secondary loops are automatically controlled, and the developed device indexes are analyzed. Finally, the automatic detection device is studied, and the integrated intelligent detection of the performance, function and communication of various electric energy metering automation equipment is realized.

**Key words:** electric energy meter; automatic switching; detection

## 0 引言

目前, 海南电网关口电能表现场校验工作按照传统的工作方式, 即定期到现场进行校验。该模式需至少两人到现场进行校验, 所校验数据仅

为某时间点负荷下的校验结果, 不能线性反映时间段内电能表的误差曲线; 同时, 现场带电作业存在安全风险<sup>[1-3]</sup>。因此, 有必要研制关口电能表多回路自动切换装置, 实现不同线路运行关口电能表二次回路自动切换。

按照国家计量规程每年需对关口电能表进行两次现场校验来确保其量值的准确性<sup>[4]</sup>。目前的现场校验方式还是基于传统的量传,即现场校验班组携带校验仪前往关口电能表现场进行校验<sup>[5-6]</sup>。由于关口电能表与计量屏柜中二次电压、电流回路的连接目前普遍采用的是联合接线端子盒的方式,为了保证校验过程中不发生危险,电压信号采取直接并联的方式,电流信号采取串联的方式,从而保证二次计量回路的电压不短路、电流不开路,但是这种方案存在较大的作业安全风险<sup>[7]</sup>。

目前关口电能表多回路自动切换装置在研制方面存在较多的问题,经过查阅相关文献及调研,总结当前存在的问题为:可靠性是研制此关口电能表自动切换装置的首要目标,关口变电站二次计量回路的电流信号绝对不能出现开路状况,这关乎到电力设备与人员的安全问题,是重中之重<sup>[2, 5, 8]</sup>。关口变电站二次计量回路的电压范围为 57.7~380 V,电流范围为 0.01~5 A,要从内部切换的逻辑合理性、关键元器件工作的可靠性以及最大限度地降低内阻与接触电阻、提高切换的重复性指标等多方面进行考量,需要在设计之初进行充分的论证与模拟试验<sup>[9-12]</sup>。

本文设计了一套关口电能表多回路自动切换装置,实现对采集信号的自动切换、采集和上传等。首先,对几种自动控制方案进行分析,明确了各自的优缺点,选定使用机架集成式专用屏柜为基础,搭建自动切换装置。

## 1 关口电能表多回路自动控制方案的选择

关口电能表多回路自动切换装置主要切换对象为不同线路的二次电流、二次电压及电能表脉冲信号。本节通过分析三种方案进行纵向对比,选择出合理的自动控制方案。

### 1.1 采用继电器进行切换

假如按照最大 8 路输入通道设计,采用电压并联、电流串联的方式将 8 块关口电能表的电压、电流、有功脉冲信号和无功脉冲信号连接输入至关口电能表多回路自动切换装置,完成对二次计量回路、关口电能表和关口电能表多回路自动切

换装置的连接。关口电能表多回路自动切换装置设有专用的电压、电流和有功无功脉冲信号输出端口与关口电能表在线校验仪进行连接。在需要进行现场校验任务时,关口电能表多回路自动切换装置通过内部的硬件电路将指定线路的计量二次回路的电压信号并联,电流信号先分流后串联,有功无功脉冲信号并联至关口电能表在线校验仪,并确认已与关口电能表在线校验仪连接成功<sup>[13]</sup>。此时,指定线路的二次计量回路的关口电能表已与关口电能表在线校验仪获得相同计量测试信号,就可以对关口电能表进行现场校验了。校验完成后,该线路的二次计量回路电压、电流和有功无功脉冲信号断开与关口电能表在线校验仪的连接,电流信号采用先分流再断开与关口电能表在线校验仪的连接,以还原该线路关口电能表的初始连接状态。

以此类推,可以对多条线路的二次计量回路主、副关口电能表轮流进行校验。

在没有现场校验任务时,关口电能表多回路自动切换装置可以轮巡让关口电能表在线校验仪对各条线路二次计量回路进行更为全面而又复杂的电能质量分析、谐波分析、波形记录和负荷曲线记录等任务,从而对各条线路运行工况进行更为全面的监控。

该种方式理论简单,实施也简单,但是存在一定的安全隐患,特别是对电流信号采用先分流后串联的方式,实际上是人为间歇性破坏了原来电流回路的完整性。在电流信号的切换过程中,切换器件由于时间及动作次数的增加,容易出现故障。例如用于分流短路的继电器吸合不够,不该断路的继电器断开,最终导致电能表电流回路出现问题,引起 TA 二次回路开路。

### 1.2 采用穿心 TA

这个方案对于电压及脉冲等信号的切换,仍旧采用继电器方式,但是对于电能表电流采用直接接入小型穿心 TA 的方式。小型穿心 TA 准确度等级达 0.05 级,该穿心 TA 安装于电能表屏柜后面的电流线缆中。这种方式只是对穿心 TA 的二次小信号(一般为毫安级)进行切换。

这种方式安装后不再改变电流回路,仍旧保

持原有连接状态,但是施工前必须先将 TA 二次进线短路,然后把原来到联合接线盒或者是电能表的相关线缆抽出,接入穿心小 TA 后再接回原端子。这期间电能表无法进行正常计费。

此外,后续更换或者校验时,必须再次让电能表停止计费才能更换此 TA。同时,由于采用了外置裸露方式,周边电磁场对其准确性及稳定性的影响不可不考虑。

1.3 机架集成式专用屏柜

此方案借鉴了采用穿心 TA 方式及现场加装副表的方式,将电能表的电流信号、电压信号和脉冲信号全部引入另一个单独的屏柜中(尺寸大小与电能表屏一样),相当于在该独立的屏柜中另外加装了一只副表,只不过将关口电能表的电流线缆穿到该只副表的穿心 TA 上再回到原关口电能表屏。这样不仅没有破坏原来电能表屏柜的内部完整性及相关物理结构,也不在原来电能表屏柜上加装任何额外的模块,而且可以从原来电能表屏柜上断开及接入引至该独立屏柜的任何信号,方便该屏柜安装调试等工作。

将整个主控室内的相关计量屏柜电流、电压及脉冲信号接入到关口远程校验专用屏柜,相当于在该专用屏柜上安装了与关口电能表对应数量的多只副表,只不过这种副表没有电能表的外观,只保留了电能表内部的穿心 TA 用于接入关口电能表电流,并且电流全部放在电流模块上,电压全部放在电压模块上。这两类模块全部为机架式,可根据现场电能表数量进行增减。此方案的总体设计如图 1 所示。

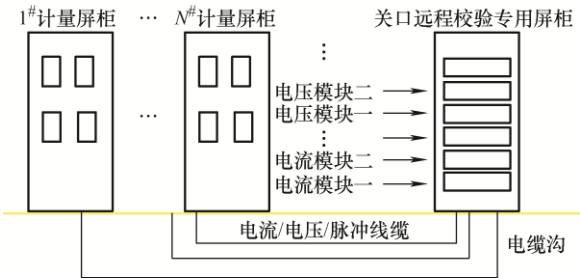


图 1 控制方案结构图

Fig. 1 Control plan structure diagram

通过对比上述三种方案,本文采用第三种控

制方案作为关口电能表多回路的控制基础。

2 关口电能表多回路自动切换装置的设计

2.1 设计方案

本文设计了一套安装于关口变电站计量屏柜中的关口电能表自动切换装置,用于连接各条输变电二次回路的电压、电流信号,并传输至所对应的主、副关口电能表。同时,关口电能表所发出的有功无功电脉冲信号也输入至关口电能表自动切换装置。模块在接收到指令信号后,在确保电压不短路、电流不断路的前提下,将相应二次回路的电压、电流信号以及有功无功电脉冲传输至专用测试端口以进行校验(连接关口电能表在线校验仪)或其他测试项目。

整个切换装置设置于标准屏柜中,包含了电流单元、电压单元等相关切换单元,同时还预留了其他扩展的单元,例如压降单元、温湿度单元和电磁场监测单元。不仅考虑了关口电能表基本的误差测试,同时也能够兼顾到 TV 二次压降及现场环境参数的采集和监测,从而全面分析对于关口电能表误差影响的相关因素。屏柜的布局如图 2 所示。

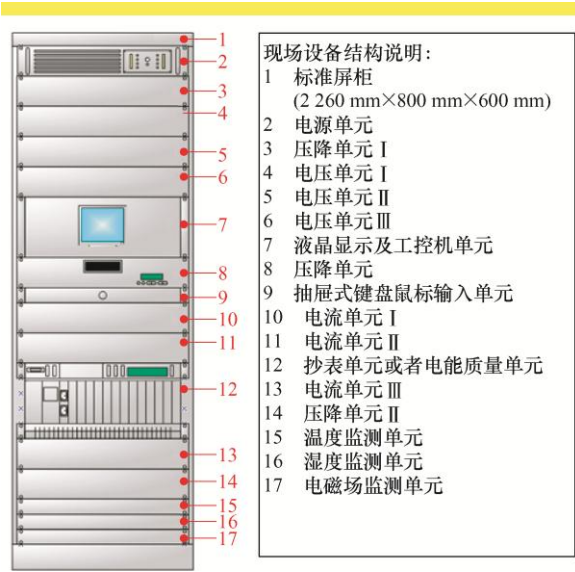


图 2 屏柜平面布置图

Fig. 2 Screen cabinet floor plan

关口电能表自动切换装置在正常待命状态

时,各二次计量回路的电压、电流信号流经模块后仍接入对应的主、副关口电能表以保证正常的计量与计费。

关口电能表自动切换装置内部均配置通信模块,可自主接收指令信号运行。可将本模块所连接的二次回路与关口电能表的脉冲信号传输给另一个模块,使得只要将关口电能表在线校验仪连接在第一台关口电能表自动切换装置的专用测试端口上,就可以完成对所有二次回路以及主、副关口电能表的现场校验工作。

## 2.2 自动切换装置的技术指标分析

本文设计的关口电能表自动切换装置可以达到以下技术指标。

- 1) 站点数量: 1 个。
- 2) 监测回路: 8 条。
- 3) 输入通道: 三相电压、电流输入。
- 4) 输入范围: 电压 $\leq 380\text{ V}$ , 电流 $\leq 5\text{ A}$ 。
- 5) 输出通道: 三相电压、电流输出, 1 通道, 专用端口。
- 6) 通信方式: 以太网口、RS 232/485 串口、USB 和移动互联网等。
- 7) 扩展性: 可自定主机与从机。

## 3 关口电能表自动检测装置的研究

### 3.1 整体架构

1) 硬件控制: 硬件初始化进行设备联机, 为后续的控制进行设备唤醒; 控源为被检测设备提供三相电压、电流; 控标准表输出脉冲提供误差计算标准信号, 为走字、基本误差提供标准电压、电流数据; 控时基源输出脉冲提供日计时标准信号, 为主站系统提供精密时钟服务; 控功耗板计算被检测设备的功耗数据; 控误差板计算电能误差、日计时误差, 输出遥信信号、脉冲信号, 接收被检测设备反馈信号; 控光电头采集被检测设备的电能脉冲输出信号; 实际运行中, 并不只是控制单一设备, 而是各种设备同时作用来完成某项功能的检测。

2) 业务逻辑: 被检测设备上电启动稳定运行

后, 进行各类实验; 参数设置与查询下发测试过程中的一些参数信息, 提前下发好参数, 后续实验可直接进行, 无须重复下发参数; 数据采集检测被检测设备状态量、电能量, 脉冲信号的正常采集; 数据处理检测被检测设备的数据存储能力, 历史日, 历史月, 负荷曲线; 控制实验检测被检测设备的时段控、厂休控、月电控、购电控和保电等功能; 事件记录检测被检测设备运行中的各类异常情况; 任务上报检测被检测设备的主动上反功能; 准确度实验检测被检测设备的潜动、启动、误差、影响量和功耗等数据。

3) 数据处理: 报文解析, 详细记录了测试过程中的通信报文, 并能对每条报文进行分析解析, 能自动智能地显示出报文的格式错误, 该功能即可满足技术人员快速定位分析问题, 也使普通用户能够容易了解测试过程; 数据验证, 对解析完成的数据与给定的标准数据进行对比, 并给出某一项的结论是否符合要求, 如电能量采集时, 主站除了召读终端数据外, 还需要召读电能表数据, 两者数据一致才判断数据符合要求; 数据存储, 校验完成的数据保存到数据库中, 供以后查询; 智能分析, 建立计量检定权数据样本池, 采用遗传算法进行数据分析; 报表打印, 平台自动打印出各类被检测设备的原始记录及测试报告。

### 3.2 关键技术

1) 异构设备的兼容。智能检测平台既能检测单相、三相电能表, 又能检测采集器、集中器、配电变压器监测计量终端和负荷管理终端, 且检测项目齐全。

2) 功耗的测量。以前的功耗设备昂贵, 每次只能对一个被试品进行测试, 且需要进行手动接线。针对这种情况研制了功耗板, 功耗板便宜, 体积小且易于安装, 同时可以满足表位测试, 提高了测试效率。

3) 电参数测试。对单相电能表、三相电能表、采集器、集中器、配电变压器监测计量终端和负荷管理终端的电气参数进行测试, 在  $U_n$ 、 $0.8U_n$  和  $1.2U_n$  三个电压下分别测量静态电流、功耗和功率因数及动态电流、功耗和功率因数; 与标准值

进行比对,得出被测设备的静态参数是否合格及动态功率增量是否超标的结论。

4) 智能规约库的建立,实现通信模块自动配对识别。

5) 异构规约库及解析策略研究。针对异构协议较多而且还在不断完善的现状,研发可持续改进的规约自动适配识别方法,软件具备良好的可延续性和可扩展性。

通过对电能计量自动化设备规约报文格式和传输流程的分析,建立规约映射模型。采用形式化的描述方法,结合 XML 语言,建立了基于 XML 的规约描述文档。基于工厂模式方法研发出电能计量自动化设备异构规约的通信自动适配系统,实现规约间的匹配与转换。通过智能规约库实现对不同计量设备和采集设备的规约及功能闭环检测。

## 4 结束语

本文研发了一种关口电能表多回路自动控制测试装置,可安装在关口变电站计量屏柜内,实时测试关口电能表误差和监测运行工况的 0.05 级标准检测装置。该系统可在不同的电力负荷环境下实时分析各种负荷对电能表误差的影响,实现电能表误差、电参量的自动数据采集和监控,发现各种异常及时报警。通过互联网将测量数据实时传输给关口电能表在线校验分析平台,并进行保存、归纳、分析和处理。可用图形化的方式直观显示电能数据、误差和负荷变化状况。系统实时将所有现场测量数据存储到数据库中备份,其备份时长无限制。计量管理人员可随时访问原始数据,分析线路负荷变化的原因,对计量作出相应的优化。

## 参考文献

- [1] 高利明,赵岩,徐二强,等. 全时检验关口计量在线监测与远程故障诊断系统[J]. 电测与仪表, 2020, 57(11): 115-120.

- [2] 李新斌,张茂林,耿丽修. 关口电能表 PT 二次回路压降超差分析和改造[J]. 工业计量, 2010, 20(增刊 2): 107-108.
- [3] 蔚晓明,刘文涛. 高端关口电能表的技术特性分析[J]. 山西电力, 2006(3): 63-65.
- [4] 郑可,侯兴哲,张春晖,等. 电子式多功能关口电能表性能评估方法初探[J]. 电测与仪表, 2010, 47(1): 43-46, 50.
- [5] 赵国庆. 关口电能表失压故障的原因分析及改进措施[J]. 电力安全技术, 2019, 21(2): 51-53.
- [6] 冯雷,韩靓. 关口电能表远程在线检测与抄表系统的设计[J]. 中国新技术新产品, 2010(13): 5-6.
- [7] 汪司珂,郭雨,陈俊,等. 基于多线程技术的关口电能表检测系统的研究[J]. 电测与仪表, 2018, 55(22): 129-134.
- [8] 武斌. 关口表检测及厂用电实际使用检测分析[J]. 电工技术, 2018(8): 69-70, 72.
- [9] 胡练华. 影响数字式关口电能表计量性能的主要因素研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [10] 张晏铭. 提高关口电能计量装置准确度技术分析[J]. 价值工程, 2015, 34(12): 89-90.
- [11] 谭清,张军,贾海波,等. 关口电能表现场校验方法分析[J]. 内蒙古电力技术, 2013, 31(4): 7-12.
- [12] 郑罡,李学军,常强,等. 关口电能表远程在线监控系统软件设计与实现[J]. 科技传播, 2013, 5(4): 23-24.

## 作者简介:



杨 娟

杨娟(1989—),女,助理工程师,从事电能计量工作。

(收稿日期:2020-12-15)EA