「控制系统」

一种智能多路校准系统

文/国家电网许继风电科技有限公司　张举良　韩良伟　韩敬国
河南许继仪表有限公司　高林贤

提出了一种智能多路校准系统，采用翻盖压装式接线固定被测试件，通过弹簧压针实现电气回路连接，通过PLC模块实现校准通道的自动切换和结果自检，实现自动测试，提高了工作效率和产品质量，减轻了劳动强度，保证了带电测试的安全性。

我国76%的国土光照充沛，光能资源分布较为均匀，与水电、风电、核电等相比，太阳能发电没有任何排放和噪声，应用技术成熟，安全可靠。太阳能是未来最清洁、安全和可靠的能源，在应对能源危机，太阳能光伏产业的发展前景及其在能源领域的战略地位日益突出。

智能型光伏汇流箱是大型光伏并网发电系统的关键汇流和直流回路监测设备。用于连接光伏组件与逆变器，在实现汇流、防雷功能的同时，还具有对箱内电流、电压、功率、电度量、温度及气象传感器等的测量，对防雷、母线、光伏组串的故障诊断，以及与主站通信的功能，由此可以获得整个光伏电站的直流运行情况。

基于此，智能型光伏汇流箱在出厂前需进行精准的配对测试，以便于满足现场使用要求。

研究背景

在进行配对测试时，需先外接15根外接线，然后进行配对校准，校准过程中需要对16路依次施加电流源，校准需要开合电流源32次、拆接电流源线32次，最后在施加300 V直流电压源校准时，再开合电压源2次，手动保存参数，然后拆下15根外接线（如图1所示），在接线、拆线和连续打开关断电流源和电压源过程中占用了大量的时间，影响工作效率，上百次操作易误操作，而且裸露的带电体以及电流标准源和300 V直流电压标准源都存在安全隐患。

以上情况给生产、调试、售后工作带来了很大的不便，增加了企业的成本，根据目前配对测试的思路，结合测试、通信和自动技术，设计出了一套智能多路采样校准测试系统。

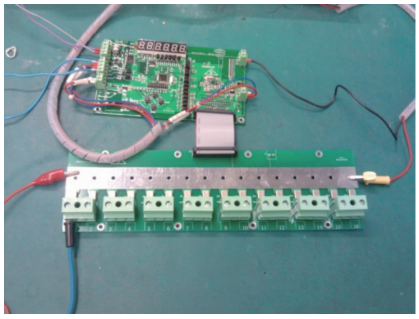

图1　改进前的手动校准测试系统

系统分析及设计

如图2所示，测试工装将被测试件固定，上位机软件下达开始测试指令给控制器，首先进行通信检测，再进开入测试、开出测试、温度测试，再进行各校准通道零漂系数和增益系数自动校准，通过控制器控制接触器来实现电流和电压各校准通道的自动切换来自动校准，上位机软件自

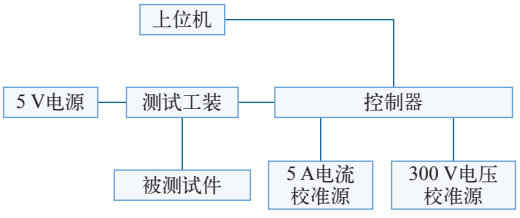

图2　智能多路采样校准测试系统

检校准、诊断故障并保存校准结果，从而达到自动校准测试的目的。

1）测试工装。通过梅花搓接弹式压装的方式来减少调试接线和拆线，便捷准确实现电气可靠连接，固定被测试件，详见图3测试工装图样，外部接线采用典型试验公母试验接头，当被测试件变化时，只换工装，30 s换线，方便灵活的生产节拍。

2）控制器。设计出一种新型的电气回路，开发出控制器程序，首先进行通信测试、开入测试、开出测试和温度测试，再进行各校准通道零漂系数自动校准，然后通过控制器控制接触器来实现电流和电压各校准通道的自动切换来自动校准增益系数，自检校准结果，最后保存校准结果。

3）上位机软件。用来与控制器实现人机交互，实现监测与反馈，自动保存试验结果。

4）自检环节。本系统在进行校准各校准通道零漂系数、校准电流增益系数和电压增益系数时，对每一个通道校准完毕后，系统自检通道采样值是否在合格范围内，才切换下一通道，然后下达校准下一通道的指令。

硬件系统设计

1. 校准工装设计及实现

通过四个锥形弹簧立柱定位，通过手柄向下压紧固定，梅花搓接弹簧探针与被测试件的端子管脚接触实现电气连接，减少接线，提高生产效率，如图3所示。

2. 控制器设计

基于工业PLC的控制器，可靠地控制接触器闭合来实现各校准通道的切换，硬件回路的闭锁避免了拉弧和短路等隐患，而且接触器容量大，足可以承受直流5 A电流和直流300 V电压，延长了使用寿命，如图4、图5所示。

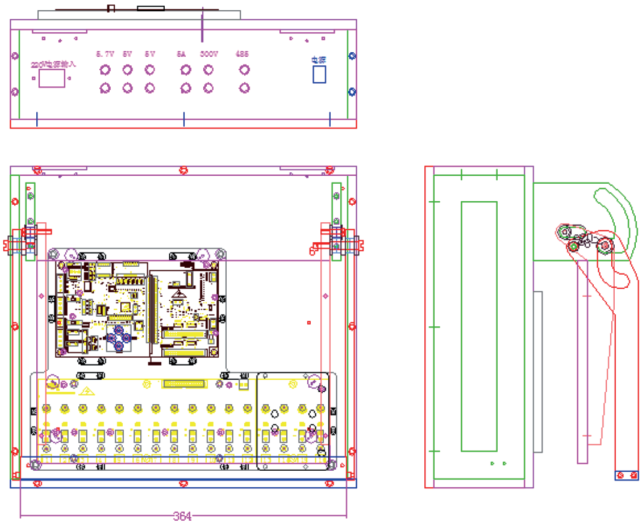

图3　测试工装图样

软件系统设计

控制器的软件是基于X20CP1585贝加莱PLC，采用标准的Modbus规约，开发的程序，根据元器件性能，制定合理的测试顺序，增加自检环节，对校准结果进行自检，达到闭环测试，提高测试质量，其测试程序流程图如图6所示。

在A/D转换时，函数关系$A=f(D)$可以表示为数学方程

$$A=(D-D_0)\times(A_m-A_0)/(D_m-D_0)+A_0$$

根据该方程式，可以方便地根据D值计算出A值。将该方程式逆变换，得出函数关系$D=f(A)$可

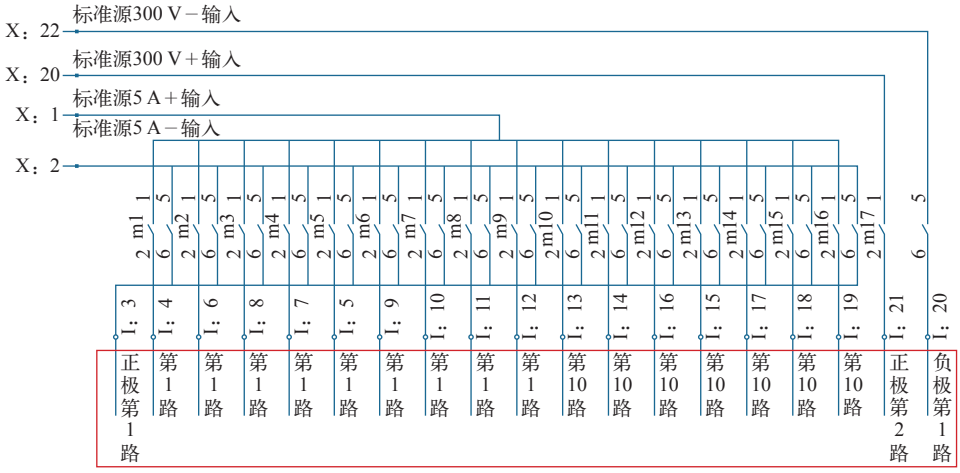

图4　系统控制器主回路

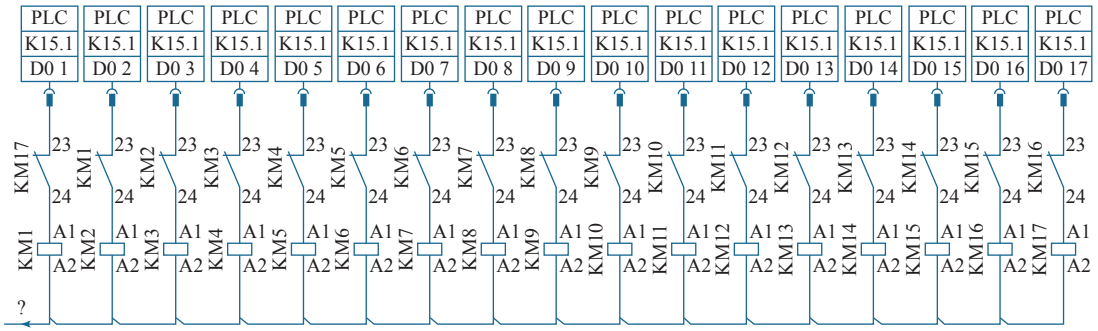

图5　系统控制器控制回路

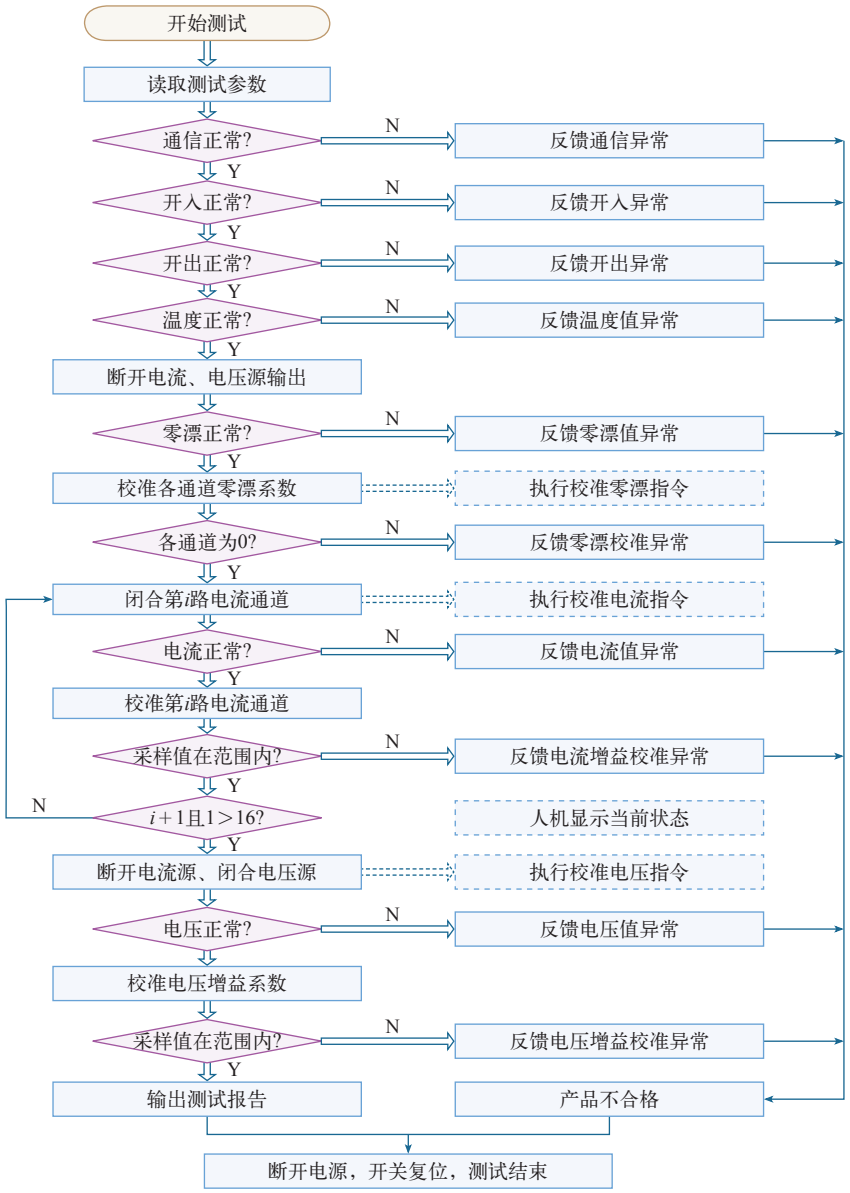

图6　系统测试程序

以表示为数学方程

$$D=(A-A_0)\times(D_m-D_0)/(A_m-A_0)+D_0$$

1. 装置故障自检

当发生测量芯片故障、Flash故障，判断为不

合格。如图7所示。

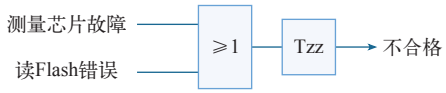

图 7

2. 开入测试

当信号0，开入1或开入2为0；当信号1，开入1或开入2为1，判断为合格。如图8。

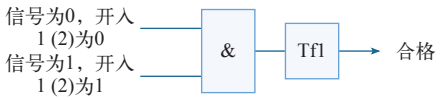

图 8

3. 电流通道测试

当校准源电流I_j为0时，第m路电流I_m绝对值小于有流门槛值I_{door}，第m路电流零漂校准合格；当校准源电流I_j为5 000 mA时，第m路电流I_m与I_j相减的绝对值小于50 mA，第m路电流增益校准合格，判断第m路电流通道合格。如图9、图10。

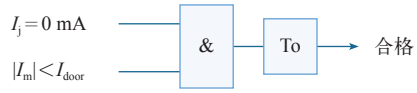

图 9

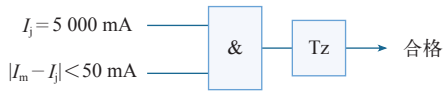

图 10

4. 电压通道测试

当校准源电压U_j为0时，母线电压U绝对值小于电压门槛值U_{door}，电压零漂校准合格；当校准源电流U_j为300 V时，电压U与U_j相减的绝对值小于3 V，电压增益校准合格，判断电压通道合格。如图11、图12。

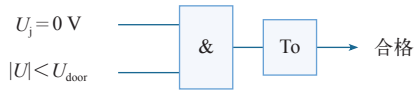

图 11

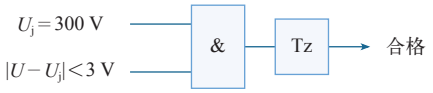

图 12

测试系统的搭建及结果分析

目前，本系统应用项目有：中广核内黄生态农业大棚100 MW光伏发电项目、华能格尔木四期65 MW并网光伏发电工程、龙羊峡水光互补二期530 MW光伏电站、随州淅河100 MW光伏发电工程等，累计测试智能光伏汇流箱28 000套，对根据历史记录数据分析如下表所示。

结束语

本文提出的测试系统，通过压接的方式实现被测试件定位及电气连接，基于PLC控制通道切换和校准，并自检测试结果，输出测试结果，提高了测试的效率和质量，为多路采样监测装置的测试提供了一个新的思路。**EA**

表 改进前后数据统计对比

改进前			改进后		
63对/天·2人			72.8对/天·人		
合格率为85.7%			合格率为100%		
序号	工序	时间/min	序号	工序	时间/min
1	检查外观	0.6	1	检查外观	0.7
2	接线	2.1			
3	测试	4.5	2	测试	6.2
4	保存	0.6			
5	拆线	1.6	3	贴标签	0.5
6	贴标签	0.4			
合计		9.8	合计		7.4

（收稿日期：2017.05.20）
（编辑：朱金凤）