

Implementation of Intelligent Inspection System for Substation AC Circuit

Yong Chen¹, Zhanjun Zhang², Mingyu Zhang³, Changlu Xu²

¹Yunnan Power Grid Company, Kunming Yunnan

²Yunnan Weishi Polytron Technologies Company, Kunming Yunnan

³Yunnan Energy Research Institute, Kunming Yunnan

Email: 16149912@qq.com

Received: Dec. 5th, 2015; accepted: Dec. 28th, 2015; published: Dec. 31st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Traditional communication circuit has some shortcomings, such as using original dry battery and local inspection method; this leads to lack of integrity and systematic. To the traditional AC circuit test system, this paper researches substation structure, key components, substation communication loop system supporting software and solutions. Based on analysis of the clock synchronization module, data communication module, data analysis module of the system, we describe and illustrate the specific logical structure and scheme of the system. In addition, substation communication circuit equipment interconnection process and composition diagram are described and illustrated. Finally, we realize AC circuit intelligent inspection system and this system has reliability, security and maintainability.

Keywords

Substation, AC Circuit, Intelligent System, Intelligent Test

变电站交流回路智能检验系统的实现

陈 勇¹, 张占军², 张明宇³, 许昌禄²

¹云南电网有限责任公司, 云南 昆明

²云南能投威士科技股份有限公司, 云南 昆明

³云南省能源研究院有限公司, 云南 昆明

Email: 16149912@qq.com

收稿日期: 2015年12月5日; 录用日期: 2015年12月28日; 发布日期: 2015年12月31日

摘要

传统的变电站现场主要采用原始的干电池对线, 局部检验方法, 缺乏完整性和系统性。本文针对变电站组成的结构、传统交流回路检验系统存在的问题进行研究, 研究了变电站交流回路系统关键器件选型, 变电站交流回路系统的配套软件和方案, 通过时钟对时模块、数据通讯模块、数据分析模块等对系统数据进行了分析, 给出了具体的逻辑结构及系统方案, 此外, 对变电站交流回路设备互连过程及组成图进行了描述和说明, 实现了变电站交流回路智能检验系统, 系统具有可靠性、安全性及可维护性。

关键词

变电站, 交流回路, 智能系统, 智能检验

1. 引言

电力是我国国民经济的基础, 而变电站是连接发电厂和用户的枢纽和桥梁, 是整个电网安全、可靠运行的重要保障和环节。随着我国电网运行水平的不断提高, 同时各级调度中心需要更多的信息, 以使用户能及时掌握电网及变电站的工作情况, 提高和监控变电站的可控性, 进而要求不断提高采用远方集中控制、操作、反事故等措施, 即建设无人值班的管理模式, 来提高生产率、减少人为误操作的发生、提高电网系统运行的可靠性。此外, 当代计算机技术、通信技术等先进技术手段的不断发展和应用, 逐渐改变了传统二次设备的管理模式, 在信息共享、减少电缆、减少占地面积、简化系统、降低造价等方面已改变了原来变电站运行的面貌。基于上述的原因, 变电站自动化由“热门话题”已转向了实用化和智能化阶段, 我国各级电力行业各有关部门把变电站自动化作为一项新技术革新手段, 也应用于电力系统运行中来, 满足电力系统中的需求, 智能变电站作为现代的智能电网的重要基础和支撑, 是电网运行数据的采集源头和命令的执行单元, 将贯穿智能电网建设的整个过程[1]。

目前, 国内外均无功能齐全, 科学、客观、自动的交流电流电压回路检验系统, 很多技术人员不断探寻新技术、新方法改进变电站中存在的问题。变电站现场主要采用原始的干电池对线, 局部检验方法, 缺乏完整性和系统性, 此外, 互感器二次回路和二次设备的正确配合问题突出, 试验质量不高, 容易出现隐患问题, 故需研究一套科学智能的交流电流电压回路检验系统以统一和规范现场试验。因此, 迫切需要对交流电流电压回路检验办法进行深入研究, 设计并实现更加智能化的检验系统[2]。

智能检验系统研究主要包括总体结构设计、软硬件功能设计及实施; 系统验收, 实验室及现场试验结果的检测等。通过研究和具体实施, 设计并实现出能有效、安全、简便地完成交流回路检验工作的智能交流回路检验系统。

2. 变电站交流回路系统关键器件选型

2.1. 采集仪核心 MCU

采集仪表核心 MCU 采用 32 位 150 MHz 的 AR9 内核的 MDK60DN512 芯片作为主控芯片, 由于其内部集成了 16 位 A/D、串口、FLASH、RAM, 其该芯片功耗低。

K60N512 芯片是 Kinetis 系列 K60 子系列的典型芯片，是 Kineits 系列中集成度最高的芯片。K60 系列 MCU 具有 IEEE1588 以太网、USB2.0OTG 和硬件加密电路。K60N512 具有丰富的通讯接口、AD 转换电路和外围控制电路。其特性如下[3]:

- (1) ARM Cortex-M4 内核，主频高达 100 MHz;
- (2) 32 路 DMA 供外设和存储器使用，大大提高 CPU 利用率;
- (3) 10 种低功耗模式，包括运行，等待，停止和断电;
- (4) 512 K Flash 和 128 K SRAM;
- (5) 集成硬件和软件的防护盾，硬件加密电路和 CRC 电路;
- (6) 33 路单路和 4 路差分的 16 位 AD 转换，2 路 12 位 DA 转换;
- (7) 8 路电机控制，2 路方波解码，4 路可编程定时器;
- (8) SD 卡主机控制器，6 路 UART，IIC，IIS，SPI，CAN;
- (9) USB2.0 全速和高速接口，支持 OTG;
- (10) IEEE1588 以太网接口，支持 MII 和 RMII 通讯;
- (11) 工作电压 1.71 V~3.6 V，工作温度 $-40^{\circ}\sim 105^{\circ}$;
- (12) 多达 100 路 GPIO 引脚，所有 GPIO 引脚兼容 5 V 电平;
- (13) 支持 DSP 指令。

2.2. 主要接口与外围关系

(1) 外部接口

JTAG 编程接口。JTAG 是英文“Joint Test Action Group(联合测试行为组织)”的词头字母的简写，该组织成立于 1985 年，是由几家主要的电子制造商发起制订的 PCB 和 IC 测试标准。JTAG 建议于 1990 年，被 IEEE 批准为 IEEE1149.1-1990 测试访问端口和边界扫描结构标准，该标准规定了进行边界扫描所需要的硬件和软件。此后，IEEE 分别于 1993 年和 1995 年对该标准作了补充，形成了现在使用的 IEEE1149.1a-1993 和 IEEE1149.1b-1994。JTAG 主要应用于：电路的边界扫描测试和可编程芯片的在线系统编程。JTAG 部分原理图如图 1 所示[4]。

通信地址选择开关：由于系统可以允许多个采集仪表同时工作，因此为了区分各采集仪表，且为了用户非常方便地设定采集仪表的地址，本系统采用 5 位编码开关，其一共可设定 32 个地址范围，通信地址开关选择原理如图 2 所示。

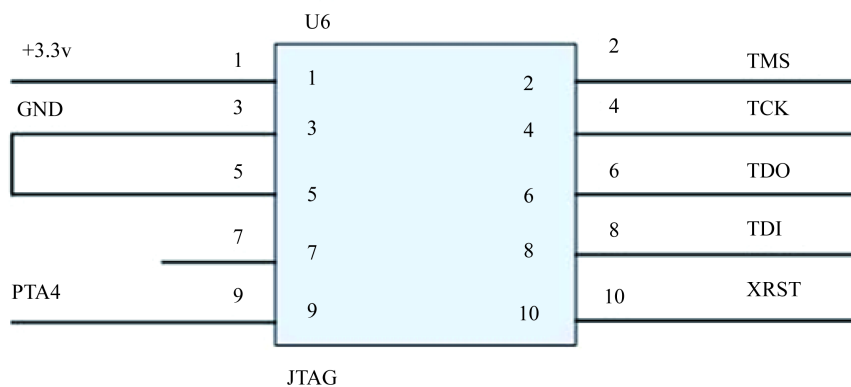


Figure 1. Principle diagram of JTAG

图 1. JTAG 原理图

(2) 内部接口

UART 部分电路：UART 在系统中主要是起调试和通信的功能[5]。UART0 主要供调试用，在开发过程中用串口通过超级终端来进行调试是现在嵌入式开发过程中比较通用和高效的调试方式。通信部分主要是在数据采集板和无线模块之间进行，采用的通道是 UART1。UART0 原理和结构图如图 3。

UART1 原理和结构图如图 4。

3. 系统配套软件和方案

配套软件指安装在后台主机中的检验分析软件，软件系统框图如图 5 所示。

检验分析软件共分为：时钟对时模块、数据通讯模块、数据分析模块、查询显示模块、报表打印模块、参数配置模块。

(a) 时钟对时模块

时钟对时模块要求数据采集终端(下位机)和本系统主机(上位机)进行定时的时钟对时，对时同步精度要求不大于 500 微秒。

上位机在检测到下位机连接后立即进行一次对时操作，以后每一分钟和全部下位机进行对时，对时间间隔使用参数进行调整。上位机和下位机均采用时钟周期数进行计时基准。

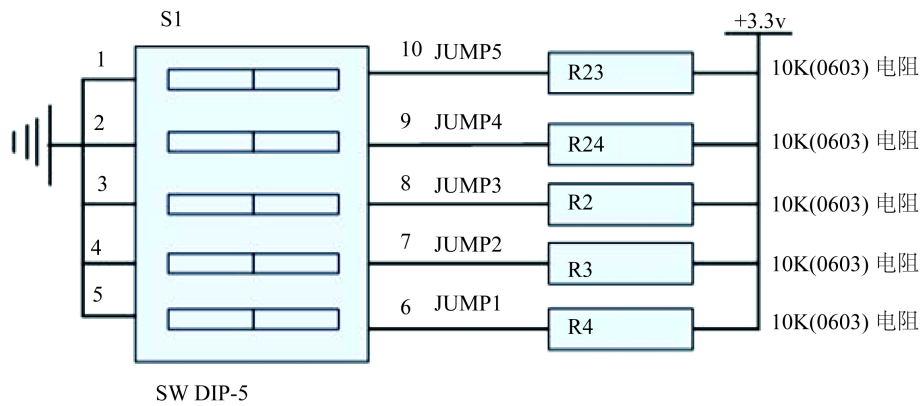


Figure 2. Principle diagram of communication address
图 2. 通讯地址选择原理图

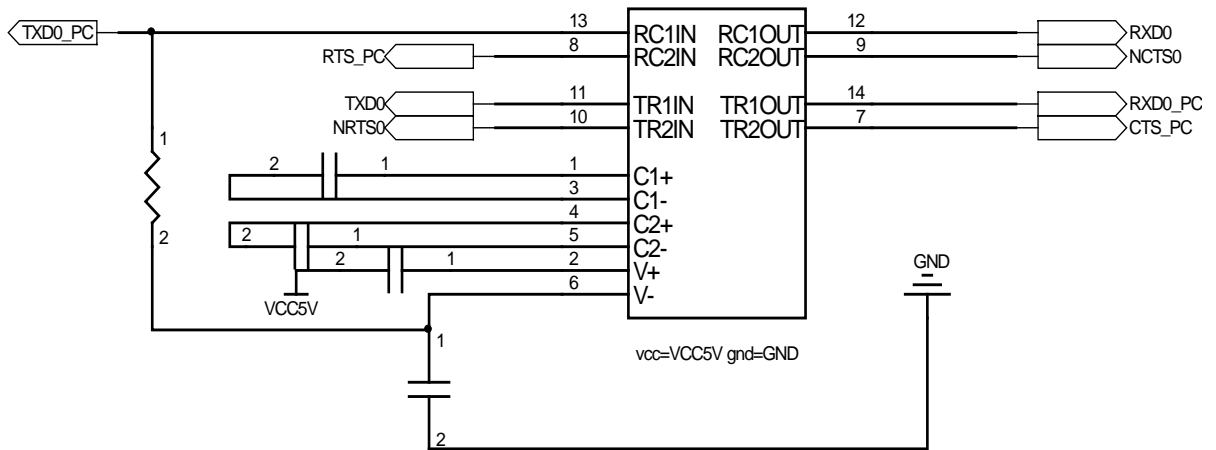


Figure 3. Principle diagram of UART0
图 3. UART0 原理图

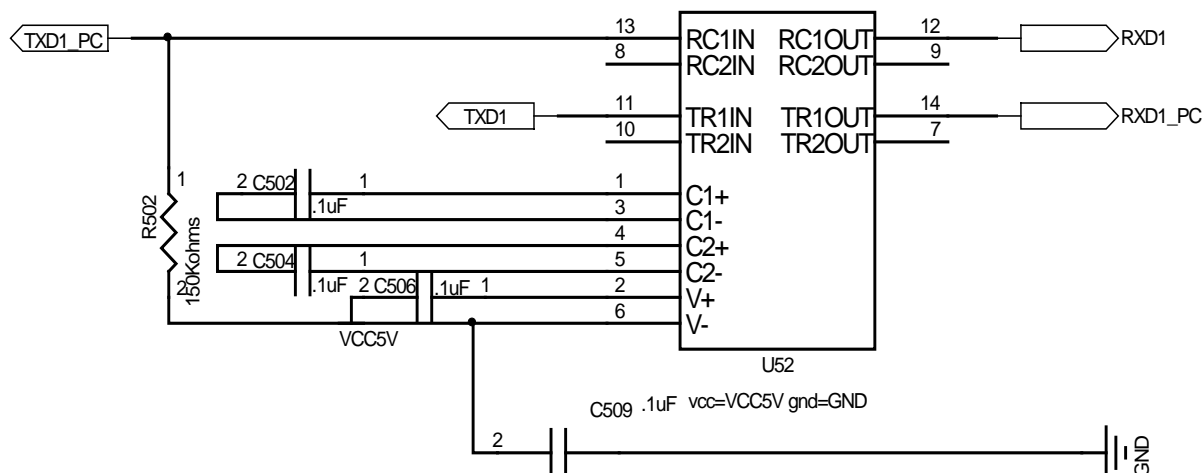


Figure 4. Principle diagram of UART1

图 4. UART1 原理图

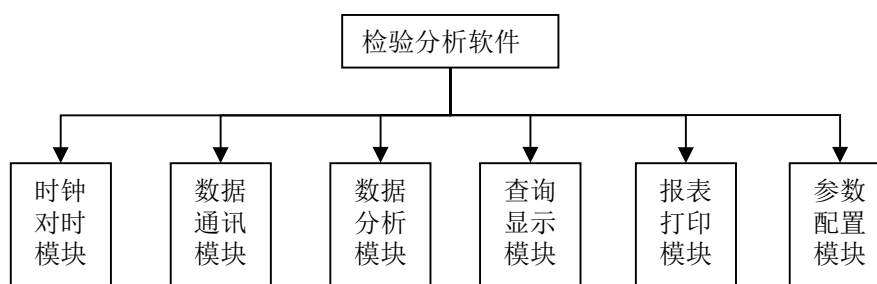


Figure 5. Software block diagram

图 5. 配套软件框图

(b) 数据通讯模块

下位机用串口通过无线传输和上位机连接，通讯方式采用标准 modbus 协议，上位机采用轮询的方式采集各下位机的数据，轮询时间为 10 秒(可配置)各现场仪表的录波数据，并以 COMTRADE 格式提交后台处理。

(c) 数据分析模块

根据接收到的一次、二次侧电流电压数据和计算得到的理论数据进行比较，从规则库中提取相关数据，对测量结果进行统计，同时以报告的形式按照规则进行判断。

(d) 查询显示模块

查询当前和历史测量数据，按照树形节点方式显示，显示内容包括：一次测数据，二次测各点数据、矢量图等。

(e) 参数配置模块

模块包括检验软件修改的配置，包括：采集终端配置、变压器参数配置、规则库配置。

• 采集终端配置

配置各终端的连接参数，测试连接是否正常。

配置一次侧终端站号，测试连接。

配置二次侧终端站号，测试连接。

测量参考电压：默认为一次侧 A 相电压。

- **变压器参数配置**

录入当前检测变压器参数，提供数据分析模块处理，数据变更列表如表 1 所示。

- **规则库配置**

规则库配置主要是根据现场测试人员根据实际工作经验以及理论计算的一些常规的错误的，以条件的方式录入数据库中，“数据分析模块”根据实际测量结果匹配库中的各种规则得出结论性报告，该库可以在实际工作中不断完善[6] (表 2)。

(f) 报表打印模块

根据模板生成 Word 格式的报表及打印。报表打印表格示例：

- 一次测数据(表 3, 表 4)。
- 二次测数据(表 5)。

Table 1. Data change list of voltage

表 1. 变压器数据变更列表

数据项	数据类型	说明	备注
Id	Data Type		
变压器型号	字符串		
高压侧额定线电压	Float		
中压侧额定线电压	Float		
低压侧额定线电压	Float		
额定功率	Float		
空载损耗	Float		
短路损耗	Float		
变压器接法	字符串		国家标准: Yyn12、Yd11、Ynd11、Yny12、Yy12
阻抗电压	Float	电压百分比	
空载电流	Float	电流百分比	

数据保存后自动计算变压器相关的参数，参数主要提供“数据分析”和“查询显示”使用。

Table 2. List of rule base configuration

表 2. 规则库配置列表

数据项 Id	数据类型	说明
规则类型	字符串	
变压器接法	字符串	Yyn12 等
优先级	整形	
判断公式	字符串	见说明
规则描述	字符串	对本条规则进行文字描述，直接在在报告中使
备注	字符串	

说明：判断公式中应该具备一次侧某相电流或电压实测和理论计算值，二次侧某相电流或电压实测和理论计算值，二次侧某相和参考电压的相位差。例如：(a) $|AI-Ail|/AI > 0.05$ ：表示一次侧电流减一次侧理论电流误差大于 5%；(b) $|JI11-30| > 3$ ：表示一二次侧 A 相相位差和理论值 30 值之差大于 3 度。

Table 3. Sample form voltage
表 3. 示例表格电压

$\dot{U}_{\phi(\phi\phi)}$	\dot{U}_{AN}	\dot{U}_{BN}	\dot{U}_{CN}	\dot{U}_{AB}	\dot{U}_{BC}	\dot{U}_{CA}	相序
电压幅值(V)	240.2	240.1	240.3				正相序
电压相位($^{\circ}$)	-	120.4	240.5	-	-	-	

Table 4. Sample form electric current
表 4. 示例表格电流

\dot{i}	\dot{i}_A	\dot{i}_B	\dot{i}_C	\dot{i}_N
电流(A)				
相位($^{\circ}$)				

Table 5. Sample table two data
表 5. 示例表格二次数据

一次电流流向		从线路流向 110Kv 母线			
电流互感器安装位置		110Kv 出线一间隔, P1 在母线侧			
		测量项目			
第一组 电流 回路	屏柜名称	主控室电度表屏			
	回路编号及用途	编号 451, 计量		变比	300/5
	电流幅值(A)	\dot{i}_{ma}	\dot{i}_{mb}	\dot{i}_{mc}	\dot{i}_{mn}
	电流相位($^{\circ}$)				
第二组 电流 回路	屏柜名称	主控室电度表屏			
	回路编号及用途	编号 451, 计量		变比	300/5
	电流幅值(A)	\dot{i}_{ma}	\dot{i}_{mb}	\dot{i}_{mc}	\dot{i}_{mn}
	电流相位($^{\circ}$)				

4. 基本逻辑及方案

系统的基本逻辑及方案如图 6 所示。

变压器检验主要分为配置阶段和检验阶段两个部分。在配置阶段, 通过检测软件与调压器相连进行调压。数据采集采用一侧采集终端和二次侧采集终端调整测量参数, 最后确定采集数据是否有效, 并进行下一点的采集和检验[7]。

5. 总结与展望

本文对国内外变电站的发展和进行了介绍。其次, 基于变电站组成的结构、传统交流回路检验系统存在的问题, 主要对我们设计的智能变电站交流回路智能系统进行了研究, 实现了变电站交流回路系统关键器件选型, 变电站交流回路系统的配套软件和方案, 通过时钟对时模块、数据通讯模块、数据分析模块等对系统数据进行分析, 给出了具体的实现逻辑结构及实现方案, 对变电站交流回路设备互连

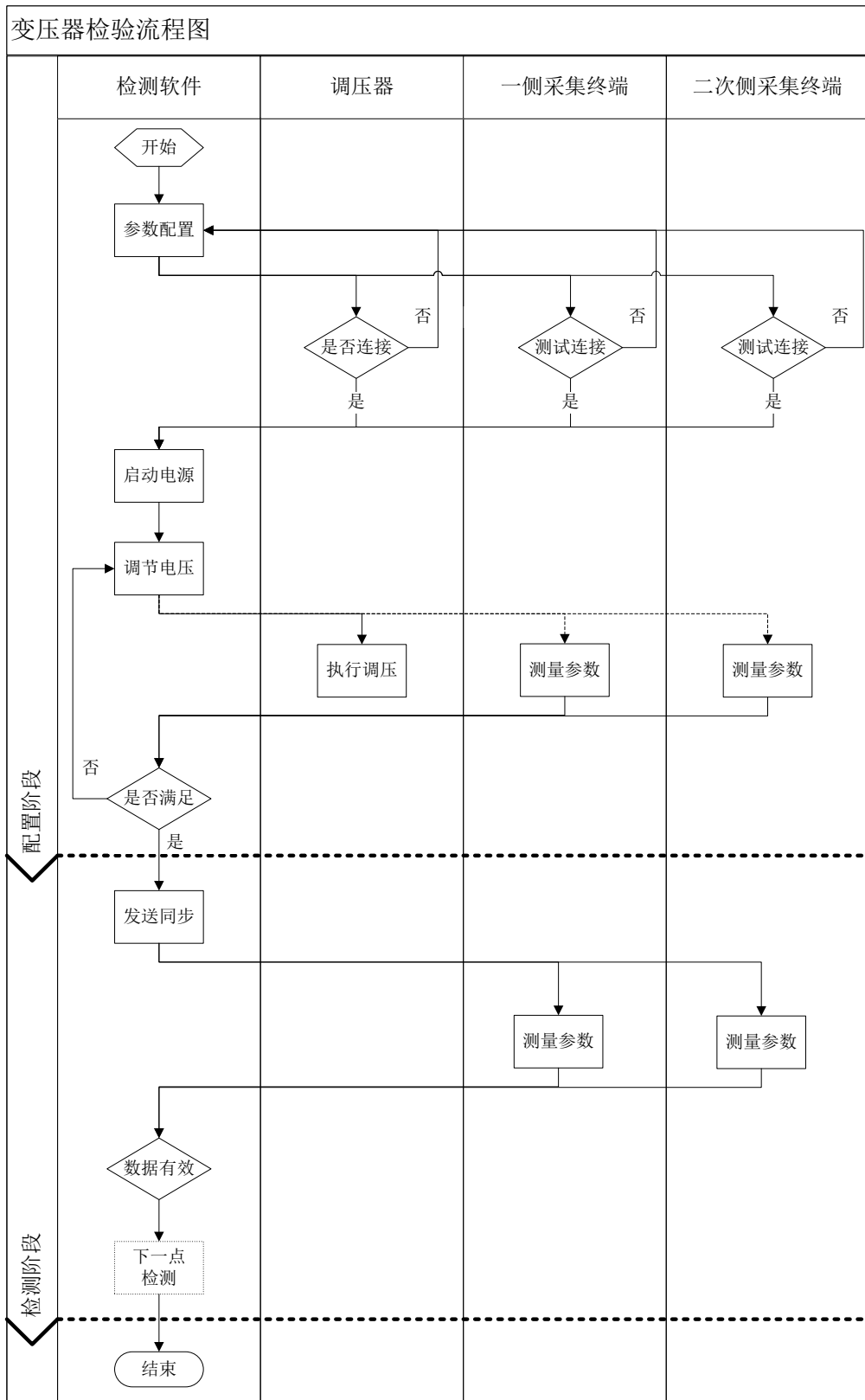


Figure 6. Test flow chart of transformer
图 6. 变压器检测流程图

过程及组成图进行了描述和说明,加强了系统的可靠性、可维护性和安全性。今后,将在智能断路器、智能传感等方面做进一步的深入研究。

参考文献 (References)

- [1] 胡春琴,徐良骏,周鑫,等.全数字化继电保护在上海蒙自智能变电站的应用[J].电工电气,2010,27(4):26-29.
- [2] 刘成君,张恺凯.数字化变电站及其对继电保护的影响[J].电工电气,2010(4):4-7.
- [3] 杨立新.变电站综合自动化技术的现状及发展[J].电气自动化,2006,5(5):3-5.
- [4] 宋国兵,刘志良,康小宁,等.一种同杆并架双回线地距离保护方案[J].电力系统保护与控制,2010,12(12):102-106.
- [5] 张延辉.智能变电站同步对时网络优化方案研究[D]:[硕士学位论文].北京:华北电力大学,2011.
- [6] 郑炎.数字化变电站若干技术研究[D]:[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2012.
- [7] Jiang, Z.H., Li, F.X., Qiao, W., *et al.* (2009) A Vision of Smart Transmission Grids. PES General Meeting IEEE.