

铁路变电所低压通电检测设备及应用研究

周邵钢

(中铁十一局集团电务工程有限公司 湖北 武汉 430070)

摘要: 变电所是电力系统的重要组成单元,其主要作用是稳定系统电压并完成电压与电流的调控、转换以及电能的分配。牵引变电所是铁路电力牵引供电系统的核心,其主要功能是将地方变电站经电力传输线路送来的电能按照不同要求进行转换,并分送到接触网供电力机车设备或铁路沿线电力设备使用。为解决当前铁路变电所因设备种类繁多、设备选型不统一造成的设备一次受电成功率不高、设备联调周期长、二次配线质量参差不齐以及二次配线系统验证难等问题,本文介绍了一种铁路变电所低压通电检测设备,分析了该设备的原理、组成及应用,旨在提高铁路变电所受电前系统检测的质量与效率。

关键词: 铁路变电所; 低压通电检测设备; 受电成功率; 检测质量与效率

0 引言

设备联调对于变电所施工质量而言尤为重要,其不仅关系到设备安装质量、一次电缆安装质量、二次电缆接线质量以及各设备实现设计功能的最终验证,还在相当程度上关系到电力系统的送电一次成功率,因此供电项目在送电前需对设备安装质量、电缆接线质量及各种保护功能进行检查验证^[1]。但是,由于变电所系统内各设备之间的连线繁多且各设备之间的保护装置配置与逻辑关系不统一,调试人员的专业素质对系统联调周期与质量的影响十分显著,使其难以得到有效控制。为提高设备联调效率、拓展安装质量检测手段、提高送电一次成功率,同时减少送电前检查资源的投入,开发相关设备完成一次线缆连接回路质量(变压器、互感器、开关柜)的快速检验,验证二次电缆接线质量,验证各辅助装置(测控装置、故障录波装置、频率电压控制装置)和各辅助设备(电能表、电能量采集终端)的安装接线质量,检测各保护装置(主保护装置、后备保护装置)电流/电压是否符合设计要求等,对未来供电系统检测技术的发展具有重要推动作用。

1 铁路变电所低压通电检测概述

铁路变电所在受电前按要求会对整所进行模拟通电检测,其目的是判断一次接线的完整性及正确性,并判断二次接线及二次设备是否具备受电条件或按要求处于受电状态。模拟通电检测的核心是验证一、

二次接线是否满足保护装置说明书或设计要求,各保护装置采样是否正确,各电气联锁回路是否完整,功能是否齐全,二次设备是否满足受电要求等。其作用是受电前的模拟带电、为正式受电进行的最终系统检验^[2]。常规做法是根据每个所亭的设备配置情况,将检查内容表格化、清单化,然后逐项检查。一般一个所亭需分为3个检查小组,即一次设备检查小组、二次接线检查小组和继电保护检查小组,每个小组4个人共12人,需检查3~5天。检查效率较低、检查人员要求较高且碎片化不成体系,导致调试检测周期长,投入的各种资源较大。

针对上述现状,为了解决当前铁路供电项目受电前的调试检测难题,提高现场调试效率,减少人力投入,提高一次受电成功率,铁路低压通电检测装置需要适用于不同配置的所亭,同时还需要适用于设备配置与选型不同的交流(直流)供电系统。同时,对铁路低压通电检测装置还提出以下几个方面的要求:

- (1) 检测装置布局紧凑且散热性好,体积小便于现场搬运或有滑轮便于现场转运。将常规电源端交流电压接入并转换为高电压输出,电压输出范围满足装置采样精度要求。
- (2) 可实现电压电流采集、超限值判定功能。在检测过程中输出电压或者电流异常,故障指示灯亮,切断输出。装置装设紧急分闸按钮,在紧急情况下,可迅速切断系统电源,确保人身安全,避免输出故障对设备或操作人员带来损伤,保护待检测设备和

作业人员安全。

(3) 满足地下站和地面站各种温湿度下供电系统的检测要求, 应用软件可安装于电脑上, 测试中能够远程操控设备, 自动进行数据处理及参数计算, 以及自动生成和打印试验报告。

2 技术方案

综合当前供电系统调试的特点, 同时针对设备联合调试周期长、设备配线正确性检测手段单一以及设备一次送电成功率不高等问题, 提出如图 1 所示的总体技术方案流程。

3 铁路供电系统检测设备

3.1 传统与现代通电检测技术对比

二次配线回路检测作业, 主要分为遥信回路、遥控回路及遥测回路检测。遥测回路中的电压 / 电

流回路尤为重要, 如果接线错误且在调试检测过程中没有检查出来, 在送电时可能会出现保护装置误动作或不动作的情况, 甚至烧损设备, 所以铁路变电所送电前互感器的接线极性检查至关重要。常规检测方法是用指针式万用表核对电流互感器的接线极性是否满足设计要求, 电压互感器是否一点接地。其中, 变压器差动保护线圈极性、馈线侧电流互感器极性、电压互感器二次线圈接线极性检查最为关键, 此三处设备安装质量及接线质量直接影响一次送电成功率及保护装置动作的可靠性。变压器差动保护线圈极性接线错误会导致变压器差动保护装置误动作, 使送电不成功; 馈线侧电压、电流回路接线错误导致馈线送电过程中或送电后, 馈线保护装置阻抗保护或距离保护灵敏度降低或发生拒动 / 误动作的情况。

随着测试技术不断改进, 可用低压通电技术来验证设备安装、接线及调试质量。在变电所进线侧互感器前端接入电源, 通过进线侧电压互感器、进线侧电流互感器、变压器及其低压侧的互感器与地之间形成一条电压 / 电流一次回路。回路形成后, 在控制信号屏查看各保护装置的电流、电压采样情况, 并验证变压器主保护装置的差动电流、制动电流数值是否符合保护装置说明书的要求^[3]。该测试方法的可靠度取决于变压器短路阻抗与高低压侧电流互感器的变比值, 即短路阻抗小的变压器在输入一定电压的情况下所形成的电流数值也小; 高低压侧电流互感器变比值越小, 一次电流数值越大, 反之越小。在变压器阻抗小及变压器高低压侧变比大的工况下, 为了克服常规 400V 电压输入装置采样精度满足不了检测要求的问题, 需要将输入电压由 400V 升高至 1180V, 使变压器低压侧电流成比例升高, 从而使测量数据满足保护装置的采样精度要求, 同时也满足地铁直流供电系统低压通电的要求。该测试方法拓宽了检测设备的应用场景, 使铁路及地铁送电前通电检测工作都能顺利开展。

3.2 检测原理

利用电磁感应原理定制带自动调压功

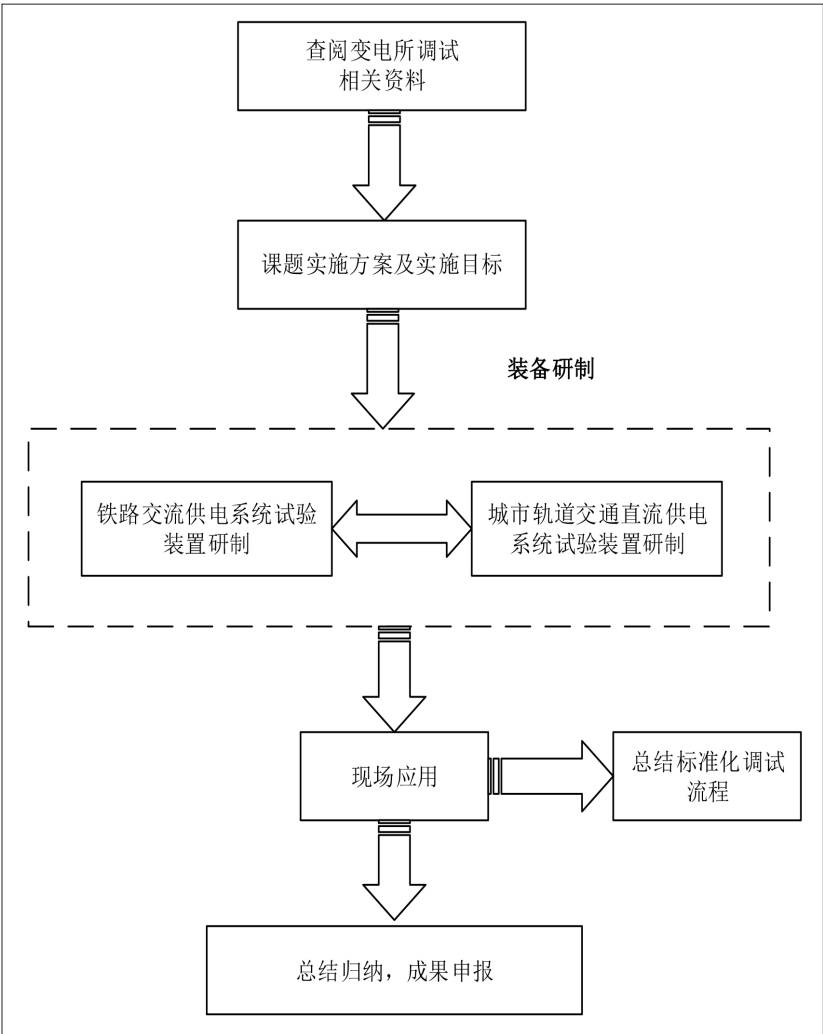


图 1 总体技术流程图

能的试验装置,利用单片机控制板接收、发送电流/电压信号并存储到寄存器实现采样功能,并判断输出值有无达到设定值,再利用485通讯启动或关闭变频器从而实现三相电动调压器的升压或降压。其中,在保护设计方面,单片机控制板将实时采集到的信号值与设定值进行比较,当高于设定值时,在显示屏上显示报警信息并关断输出。在基础参数确定方面,需要综合普速铁路、客运专线及高速铁路变压器容量、变压器接线方式、变压器高低压侧互感器配置及变比、馈线侧母线型式等因素选择方案。在功能配置方面,需具备保护装置、显示屏、传感器、操作软件等辅助设施,特别是试验装置需要满足变压器低压侧短路工况下正常运转的需求^[4]。

3.3 参数验算

以汉十高铁某变电所220kV/63MVA变压器为例计算试验装置容量,如将检测装置输出电压升至1180V,并接入变电所高压侧电压互感器前端。根据单相牵引变压器的铭牌信息可知,其短路阻抗电压为10.54%~10.58%,额定电流为286.36A,短路阻抗取最大值10.58%,则阻抗电压为 $220 \times 0.1058 = 23.276\text{kV}$ 。高压侧加压到1180V时,为阻抗电压的5.07% ($1.18/23.276 \times 100\% = 5.07\%$),按电压等比例值推算高压侧电流值为14.518A ($286.36 \times 0.0507 = 14.518\text{A}$),则检测装置容量为: $1180 \times 14.518 = 17131.24\text{VA} \approx 17.13\text{kVA}$,负荷率按0.85计算,则实际需要试验装置容量为 $17.13/0.85 = 20.15\text{kVA}$ 。取装置容量为20kVA,可满足型号为220kV/63MVA的单相变压器短路阻抗为10.58%时,变压器低压侧短路工况下连续工作的要求。需要说明的是,确定试验装置及其控制箱的技术参数时,不仅需要考虑控制箱的便携性,结构设计的合理性、耐用性以及可维护特性等,还需要考虑过流、短路、过载以及过压保护等功能的设置。

3.4 保护电路

保护电路主要由工频变压器、整流桥、LDO正输出IC、LDO负输出IC、电流互感器、运放及延时IC等组成。其中,LDO给运放和延时电路供电,电流经电流互感器转化为交流电压信号,再通过放大后输出到延时IC,当电压超过设定值时,变化的信号被发送到单片机控制板。保护电路结构如图2所示。

利用该保护电路可实现自动调压功能,通过显示屏输入设定电压值并发送给单片机控制板,单片机控制板接收到电压值后存储到寄存器,并读取输出表头电压值。若当前电压值小于设定电压值,利用485通讯启动变频器,闭合输入输出接触器,此时三相电动调压器升压;当表头电压值等于设定电压值时,关闭变频器,此时稳定输出;单片机控制板把实时采集到的信号值与设定值比较,高于设定值则在显示屏上显示报警信息并关断输出^[5]。

4 通电检测设备的应用

铁路低压通电检测设备在投入使用前,需要按照电气设计图纸正确地进行连线,注意应先连接信号的输入输出线,再连接电源的输入输出线。设备完成接线后还需根据实际需要配置最小/最大输入电压、最大/最小输出电流、输出最大功率以及输出步进电压等参数,参数配置完成后即可开始测试^[6]。

4.1 设备参数测试的应用

进入到设备主界面的参数测试界面,测试界面显示输入/出三相线电压、输入/出三相相电流、输入/输出频率和测试时间,通过步进电压的“+”或“-”选项可调整输出电压大小,配置好以上参数后即可开始测试。参数测试过程中显示界面会实时显示输入与输出参数值。测试完成后输出电压会缓慢下降,最终会弹出“停止输出”对话框表示放电完成。若升压变压器未复位则需要复位处理,在完成复位前设备端报警信号灯会持续亮起,其中绿色信号表示未输出状态,红色信号表示有电压输出,黄色信号表示输入/输出过流、输入/输出过压等异常情况,蜂鸣器响表示按下急停按钮。

4.2 设备保护功能测试的应用

参数测试完成后还需要进行保护功能测试,以检验设备输出有功功率、输出无功功率、输出视在功率、输出功率因数、输出矢量、过压/过流保护、过载或短路报警以及表头故障报警等功能的可用性。其中,在设备保护方面,确保:当任意一相输入电压(电流)大于设定电压(电流)值时,会弹出“输入电压(电流)过高!”警告,并切断输出;当输出功率大于设定最大功率时,会弹出“输出功率过大!”警告,并切断输出;当任意一相输出短路时,会弹出“输出短路!”警告,并切断输出;当输入

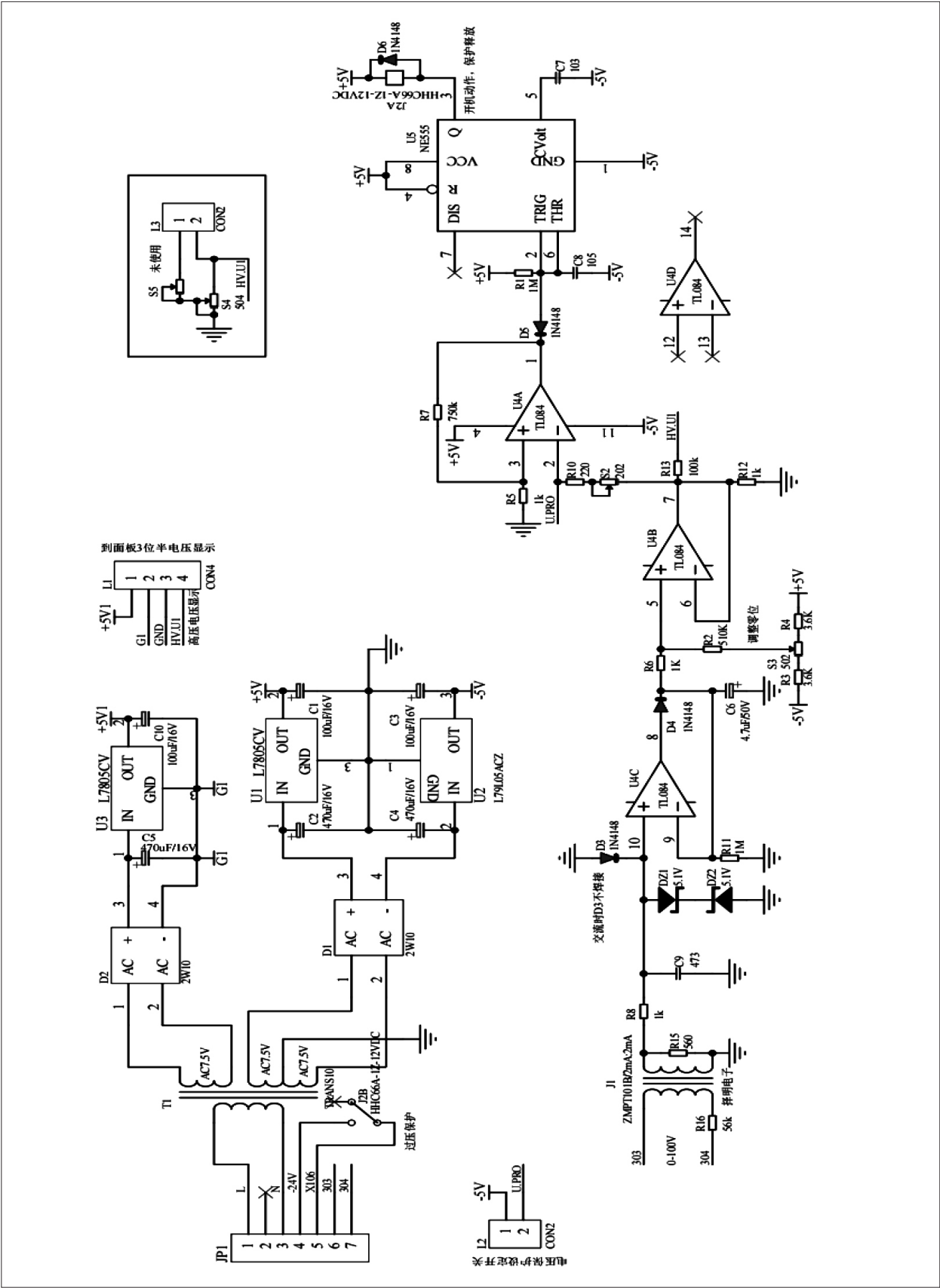


图 2 保护电路结构示意图

(输出)表头异常时,会弹出“输入(输出)表头故障!”警告,并切断输出;当按下面板上的急停按钮时,会弹出“急停按下!”警告,并切断输出。以上所有输入与输出保护功能全部验证可靠后方可正式使用。

5 结语

综上所述,铁路变电所送电前的系统检测对于保证变电所的安全、可靠投运具有重要作用。传统的送电前检测方法在应用中存在检测周期长、检测人力资源需求量大、测量数据受环境影响数值不唯一以及测量数据不能正确反映送电结果等问题,应用本文所述的铁路变电所低压通电检测设备可有效解决或改善上述问题。未来,可以综合技术的进步与应用反馈,继续对低压通电检测设备进行优化。

参考文献:

[1] 张克永. 高速铁路供电安全检测监测体系建设分析与研究[J]. 电气化铁道, 2019, 30(06):1-4+10.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 电气装置安装工程电气设备交接试验标准:GB 50150-2016[S]. 北京:中国计划出版社, 2016.

[3] 国家铁路局. 高速铁路电力牵引供电工程施工质量验收标准:TB 10758-2018[S]. 北京:中国铁道出版社, 2018.

[4] 国家铁路局. 铁路电力牵引供电设计规范:TB 10009-2016[S]. 北京:中国铁道出版社, 2016.

[5] 黄浩, 付刚, 王文韬, 等. 一种交直流供电检测电路及其控制方法[J]. 机车电传动, 2022(01):148-155.

[6] 林之岸. 数据驱动的配电系统供电质量预警与用户用电隐患检测方法研究[D]. 杭州:浙江大学, 2022.

