

便携式户外消谐器带电短接装置的研制

朱诗慧, 李阳

(国网宁夏电力有限公司宁东供电公司, 宁夏 银川 750411)

摘要: 变电站系统容性电流现有测试方法为电压互感器开口三角绕组异频信号注入法, 使用该方法测量户外中性点非有效接地系统母线容性电流时, 首先需要将母线电压互感器转为检修状态, 再采用人工短接的方式将其高压侧中性点所接消谐器退出运行。当系统主接线为单母分段或双母线时, 该方法测试所需停电步骤大幅增加, 导致测试效率严重降低。针对上述问题, 研制了一款便携式户外消谐器带电短接装置, 实现在设备不停电状态下测试母线容性电流。该装置的使用, 从根本上避免了户外母线容性电流测试过程中频繁的倒闸操作, 使测试步骤大幅度降低, 极大地提高了现场测试效率, 该装置具有广泛的推广价值。

关键词: 开口三角; 容性电流; 消谐器; 带电短接

中图分类号: TM 835.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-3643(2021)01-0051-06

有效访问地址: <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1672-3643.2021.01.009>

Development of portable short connection device for outdoor harmonic eliminator

ZHU Shihui, LI Yang

(Ningdong Power Supply Company of State Grid Ningxia Electric Power Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750411, China)

Abstract: The open delta winding different-frequency signal injection method of the voltage transformer is the current test for the capacitance current of the substation system. When the bus capacitance current of the outdoor neutral point non-effective grounding system was measured by the mentioned method, firstly the bus voltage transformer need transform into maintenance state condition, then the harmonic eliminator connected with the high voltage side neutral point should be out of service by the way of the artificial short. When the main wiring of the system is single bus section or double bus, the test steps will be greatly increased, resulting in a serious decrease in test efficiency. In view of the above problems, a portable outdoor resonance eliminator live short-circuit device was developed to test the capacitance current of the busbar without power failure. The use of this device fundamentally avoids frequent switching operations during the bus capacitance current test, greatly

收稿日期: 2020-11-15

修回日期: 2020-12-25

作者简介: 朱诗慧(1993), 女, 助理工程师, 从事电气试验相关工作。

reduces the test steps, and improves the efficiency of on-site testing. The device has extensive promotion value.

Keywords: open triangle; capacitive current; resonance eliminator; live short circuit

DOI: 10.3969/j.issn.1672-3643.2021.01.009

目前,在 35 kV 及以下电压等级电网中广泛采用中性点非有效接地系统,主要包括中性点不接地、经电阻接地、经消弧线圈接地和经消谐器接地等多种运行方式。为保护电磁式电压互感器的安全运行,抑制铁磁谐振过电压,通常采用电压互感器一次侧中性点经消谐器接地的方式。实际在系统容性电流测试作业中,由于消谐器的存在,会干扰到电力线路对地电容的测量结果。为保证测量结果的准确性,在遇到这种情况时,就需将消谐器停电短接。当涉及到两段及以上母线容性电流测试时,会产生频繁的倒闸操作,严重影响测试的工作效率。研制了一款可在设备带电运行状态下将消谐器短接的装置,可提高系统容性电流的测试效率。

1 现状分析

1.1 测量方法

变电站系统容性电流通常采用电压互感器二次开口三角绕组异频信号注入法间接测量(见图 1),该方法测量操作简单,测量过程中不涉及设备一次高压侧,安全风险较低^[1]。

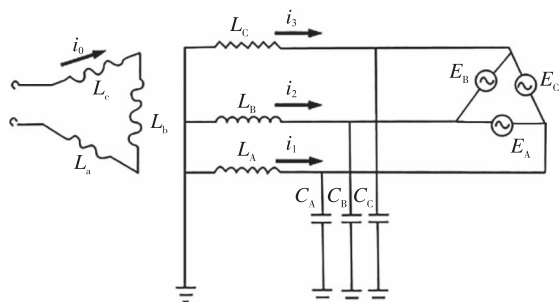


图 1 电压互感器二次开口三角绕组异频信号注入法测试原理

在实际测量过程中,为了消除工频信号的干扰,从系统母线电压互感器二次开口三角绕组处

注入一个非 50 Hz 的异频电流信号 i_0 ,在电压互感器高压侧感应出一个按照变比减小的电流,此电流为零序电流^[2],即其在三相绕组中的大小和方向保持相同,因此它在电源和负荷侧均不能流通,只能通过电压互感器中性点和三相对地电容形成回路,简化电路如图 2 所示。

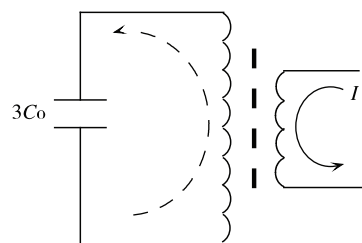


图 2 简化电路

由图 2 可知,通过检测感应信号就可以测量出三相对地电容值 $3C_0$,再根据公式 $I = 3\omega C_0 U_\phi$ (U_ϕ 为被测系统的相电压),即可计算出母线的电容电流。如果此时中性点消谐器未短接,则测量回路不通,无法进行电容电流测量。

1.2 现状分析

为了抑制铁磁谐振过电压,在 35 kV 及以下系统母线上,绝大部分电磁式电压互感器一次中性点接有消谐器(见图 3)。

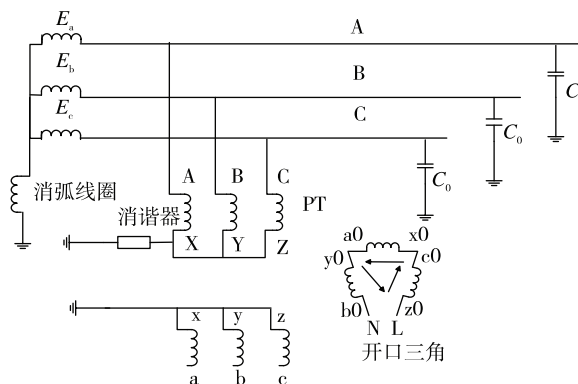


图 3 电压互感器运行方式电路原理

因此,在正式测试开始前,首先要申请调度部

门将母线电压互感器退出运行,然后在设备停电状态下使用专用的测试接地线将高阻消谐器短接,最后再将母线电压互感器恢复运行,此时方才完成准备工作,具备正式测试条件^[3]。停电短接消谐器会使运行人员倒闸操作步骤大幅度增加,严重影响现场工作效率。以测量某 110 kV 变电站 35 kV 系统容性电流为例,其一次主接线见图 4。

该系统 35 kV 母线为户外单母分段接线,正常时两段母线分列运行,两台母线电压互感器中性点均接有消谐器,要测量出两段母线容性电流,其操作步骤如下:

(1)并列前检查系统是否符合并列条件,需要检查上级两台主变档位,联结组别、短路电压、容量比等条件是否合适,不具备条件时则不能进行测量;

(2)退出备自投跳 302、302 压板,备自投合 300 压板,投入闭锁备自投压板;

(3)合上母联 300 开关进行电压一次并列;

(4) 进行电压二次并列:

(5) 35 kV I 母电压互感器由运行转检修, 人工短接消谐器:

(6)35 kV I 母电压互感器由检修转运行;

(7) 35 kV II 母电压互感器由运行转备用;

(8) 在 35 kV I 母电压互感器开口三角处进行测量, 得出整体容性电流;

(9) 35 kV II 母电压互感器由备用转运行;

(10)进行电压二次解列;

(11) 断开母联 300 开关,进行一次电压解列;

(12) 在 35 kV I 母电压互感器开口三角处进行测量, 得出 I 段系统容性电流:

(13)合上母联 300 开关进行电压一次并列;

(14) 进行电压二次并列:

(15)35 kV I 母电压互感器由运行转检修,人工拆除消谐器短接线;

(16)35 kV I 母电压互感器由检修转运行;

(17)进行电压二次解列;

(18)断开母联 300 开关,恢复系统原有运行方式。

可以看出,整个测量过程总共需要 18 个步骤的操作,两台电压互感器重复停送电,母联开关一、二次频繁解列、并列,步骤非常繁琐复杂。如果系统中还接有消弧线圈或者接地变压器,测试前还要将其退出运行,这样操作步骤将会增加到 20 步以上,给运行操作人员和试验人员带来极大的负担。为了解决上述问题,本文研制了一款可带电短接消谐器的装置,可以有效避免频繁倒闸操作,提高容性电流测试效率。

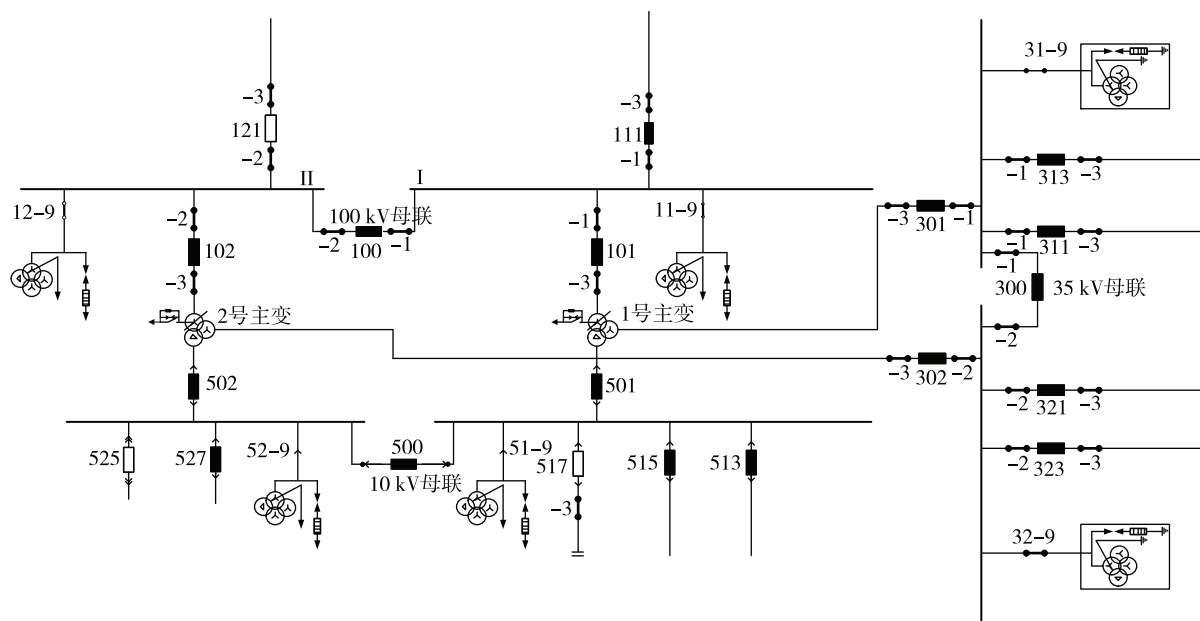


图4 某 110 kV 变电站一次主接线

2 便携式消谐器带电短接装置的研发

2.1 设计思路

针对检测电容电流需停电短接消谐器这一问题,本文提出采用在线监测中性点电压的方式判断消谐器是否可以短接,并通过无线传输技术控制消谐器短接装置的开端。

装置实现在电压互感器带电运行的状态下,通过可锁止的接线钳将处于断开状态的装置可靠连接在电压互感器中性点与地之间,当电压检测模块检测到中性点电压不超过设定阈值后,试验人员通过无线遥控器对装置进行合闸,实现带电短接消谐器。

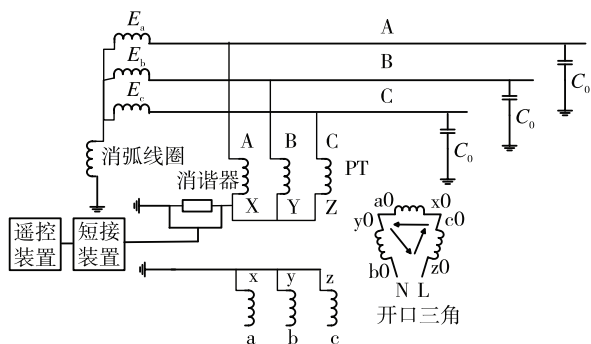


图5 短接装置连接

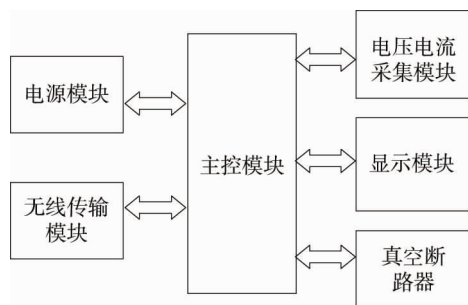


图6 短接装置内部结构

2.2 硬件设计

2.2.1 电压电流监测模块

中性点电压电流经阻容分压后进行降压、降流,再输入至电压电流采样电路。其内部采样基准电压选为 2.5 V,因此要将输入的采样电压限制在 2.5 V 之下^[4]。电流采集采用康铜丝,首先考虑效率问题,康铜丝不能选择过大,同时主控模

块基准电压为 2.5 V,康铜丝阻值选取约为 0.1 Ω ,电压电流采样电路如图 7 所示。

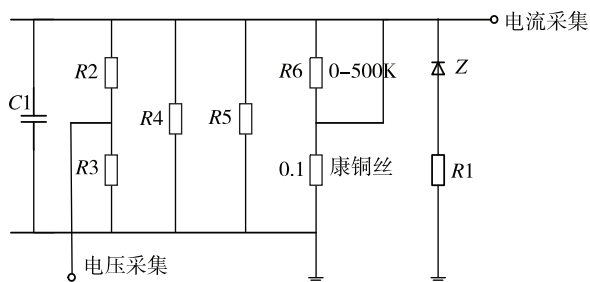


图7 电压电流采样电路

电压电流的准确采集利于试验人员判断短接装置是否能够闭合,对其进行消谐器带电短接,若电压不超过设定阈值,则可以闭合装置进行消谐器短接,实现中性点与大地形成回路,方可进行电容电流测试;若电压超过设定阈值,则证明系统可能发生铁磁谐振故障,不具备电容电流测试条件,即不可闭合短接装置。

2.2.2 过流保护模块

电容电流测试过程中,需要短接消谐器实现中性点和地形成回路,若系统发生单相接地故障时,会在回路中产生过电流,危及设备安全运行,因此装置设计有中性点过电流保护模块。过电流保护模块包括电流采集单元、比较单元、输出单元、继电器。电流采集单元用于检测中性点的电流,即该装置的接地电流,并提供至比较单元。比较单元对外部信息与预设的参考电流进行比较,并依据比较结果向输出单元发送对应电流输出信息。输出单元将所述电流输出信息提供至控制模块,控制模块依据所述电流输出信息生成中性点电流信息,若大于参考电流值,该模块触发继电器,断开装置内真空断路器。

2.2.3 人机交互模块

人机界面模块的主要功能是对中性点电压、电流数据的记录显示、通信控制等功能^[5]。该模块包括主控模块、无线传输模块和遥控装置,无线传输模块与主控模块连接,当电压监测模块检测到中性点电压不超过设定阈值时,可使用遥控装置通过无线传输模块触发主控模块,闭合装置内部真空断路器,实现带电短接中性点消谐器;当电

压异常时,可通过遥控装置断开装置内部真空断路器,避免系统发生铁磁谐振产生过电压带来的安全隐患。

2.3 软件设计

该装置软件运算流程如图 8 所示。

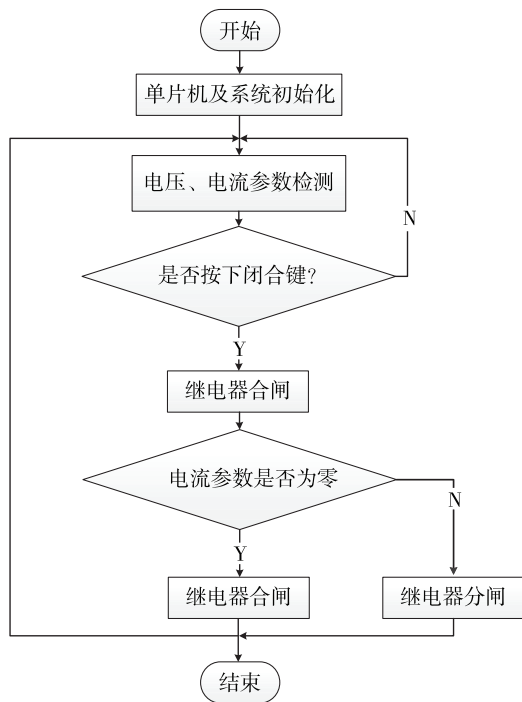


图 8 软件流程

2.4 电压监测性能测试

完成装置设计后,对其进行精度测试。对装置输入相同频率和不同的电压,对其输出电压进行测试,测量结果如表 1 所示。

表 1 相同频率、不同电压精度测试

输入标准电压/kV	输出测量电压/kV	测量误差/%
20	20.02	+0.1
18	18.16	+0.89
16	15.89	-0.69
15	15.02	+0.13
14	14.13	+0.93
12	12.06	+0.5
10	9.98	-0.2
8	7.97	+0.38
6	6.04	+0.67
4	4.01	+0.25

从表 1 中可以看出,测量结果误差均小于 1%,符合设计要求。

对装置输入不同频率和相同电压,用标准的 220 kV 交流电接入设备,选择频率为 46 Hz 至 55 Hz 之间,测量结果如表 2 所示。

表 2 相同电压、不同频率精度测试

输入频率/Hz	测量电压/kV	测量误差/%
46	220.11	+0.05
47	220.27	+0.12
48	220.32	+0.15
49	220.13	+0.06
50	219.78	-0.1
51	220.22	+0.1
52	220.43	+0.19
53	219.86	+0.06
54	220.54	+0.25
55	220.17	+0.08

从表 2 中可以看出,测量结果误差均小于 1%,符合设计要求。

3 应用效果

现场使用时,首先将短接仪器与消谐器两端通过可锁止的高空接线钳进行连接,将处于断开状态的短接装置可靠连接在 PT 中性点与地之间;试验人员通过电压监测数值判断短接装置是否可以进行合闸,当电压数值监测为零时,试验人员通过遥控装置进行合闸,实现消谐器的短接。装置使用便捷,大幅提高电容电流测量工作效率。

(1) 实现实时监测功能。利用电压监测模块快速准确地检测中性点电压,实现对电压的实时监测,使试验人员直观明了地判断出三相电压是否平衡,是否可进行电容电流测试。

(2) 实现带电短接消谐器。通过无线遥控器远距离遥控装置进行合闸,减免传统倒闸操作短接消谐器的步骤,测试一段 35 kV 户外母线容性电流工作时长由原来的 156.6 min 降低至 31.2 min,如表 3 所示。

表 3 电容电流测试工作时长统计

序号	传统方式下电容 电流测试工作 时长/min	使用便携式消谐 器短接装置时电容电流 测试工作时长/min
1	143	28
2	156	29
3	158	26
4	168	34
5	158	39
平均	156.6	31.2

(3) 可实现过流保护。当检测到电流数值增大时,装置能够实现自动断开装置内置断路器,保证设备的安全稳定运行。

4 结 论

便携式消谐器带电短接装置的使用具有安装简便、安全可靠等特点,其替代传统的停电短接消

谐器,能显著减少户外系统容性电流测试操作步骤,避免电压互感器及母联开关频繁停送电带来的安全隐患,在提高工作效率、减少用户停电时间的同时降低了生产人员劳动强度,节省人力成本,适合在电力行业内被广泛推广。

参考文献

- [1] 刘衍,周求宽,张弦. 基于电容器组中性点信号注入的电容电流测试方法[J]. 电气应用,2016(10):5-8.
- [2] 刘云. 电容电流测试原理研究[D]. 西安:西安科技大学,2015.
- [3] 胡冬良,艾飞,章立新. 一起变电站 35 kV 母线电压互感器高压熔丝异常熔断故障分析[J]. 浙江电力,2017(1):7-9.
- [4] 王晓雷,吴必瑞,蒋群. 基于 MSP430 单片机的开关稳压电源设计[J]. 现代电子技术,2008(12):186-188.
- [5] 江博彦,刘丛吉,石循杰,等. 配电网电压采集装置的设计[J]. 科技创新导报,2018(38):40-41.

(上接第 5 页)

(2) 以电网运行实际应用需求为核心,电网运行方式风险校核经验智库人机界面使用体验较好,便于数据信息录入、导出、查询与统计,扩大了经验智库的应用范围。

(3) 系统基于长远的规划,以满足未来的需求,因此系统设计时整体考虑了应用系统的架构与功能。基于业界标准,对系统中的协议、数据接口等进行统一规划,为未来的系统扩展奠定了基础。

参考文献

- [1] 张丙金,胡劲,张贲,等. 大电网检修计划多阶段安全

校核方法[C]. 北京:2017 年“电子技术应用”智能电网会议,2017,12,27.

- [2] 谢昶. 电网检修计划优化编制方法研究及应用[D]. 北京:华北电力大学,2013.
- [3] 崔晓丹,李威,李碧君,等. 输变电设备检修计划决策技术评述[J]. 电网与清洁能源,2015,31(12):18-25.
- [4] 电力系统安全稳定导则:GB 38755—2019[S].
- [5] 国家电网公司. 全国互联电网调度管理规程[Z]. 北京:国家电网公司,2005.