

2.2 被检电流互感器一次电流导线连接

(1) 尽量减小一次回路连线的长度。必要时,应采取措施将标准电流互感器和升流器置于被测电流互感器最小距离范围内。

(2) 接被测电流互感器一次导线时,应首先检查被接互感器一次导体是否存在氧化或存在污垢等现象,如果被接导体氧化或存在污垢,应用砂纸或其他工具清洁后再连接。当采用线夹和端子板连接被测电流互感器一次线时,应尽量保持较大的接触面,严禁点接触。

(3) 独立式电流互感器一次接线端在两侧,注意其一次连接方式(多变比时,一次串、并联)。

(4) 封闭式组合开关设备(GIS)的被检电流互感器一次回路接线,可以利用被测电流互感器两侧的接地刀闸和被测互感器形成一次检测回路,如图3所示。检测时闭合两侧的接地刀闸,把一端刀闸的接地线拆除,作为一次电流极性端子,把另一端刀闸接地点作为另一个电流端子。另外,如果此一次检测回路通过开关(断路器)形成闭合回路,检测时开关要处于闭合状态;如果开关两侧接地刀闸都在封闭式组合开关设备内,接地刀闸无法接地,则可以通过在母线上加检测套管,从而形成一次检测回路。

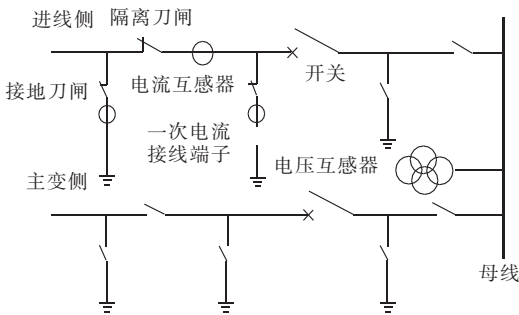


图3 GIS电流互感器一次导线连接图

3 电压互感器误差现场检测

3.1 电压互感器现场检测线路

电压互感器现场检测中,通常使用标准电压互感器的比较法线路,标准电压互感器具有性能稳定、抗干扰能力强、绝缘性能好、运行安全等优点。110 kV及220 kV电磁式电压互感器一般用试验变压器直接施加检测电压,其接线如图4所示。

110 kV及220 kV电容式电压互感器(CVT)也可以使用试验变压器直接升压,并采用补偿电抗器对CVT的电容值进行有效补偿,检测接线如图5所示,主要由试验变压器、补偿电抗器、标准电压互感器、调压器以及互感器校验仪等组成。

500 kV CVT由于检测电压高,无法用试验变压器直接升压,可以用串联谐振升压装置施加检测电

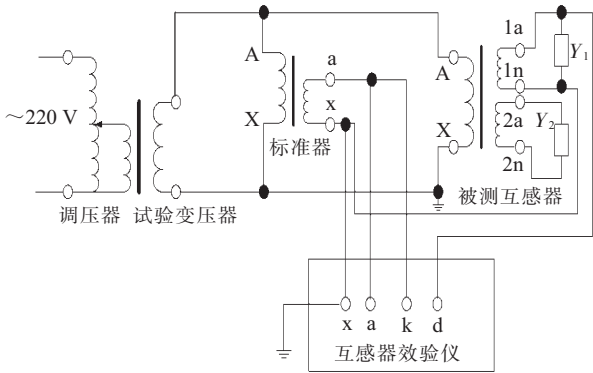


图4 电磁式电压互感器检测线路

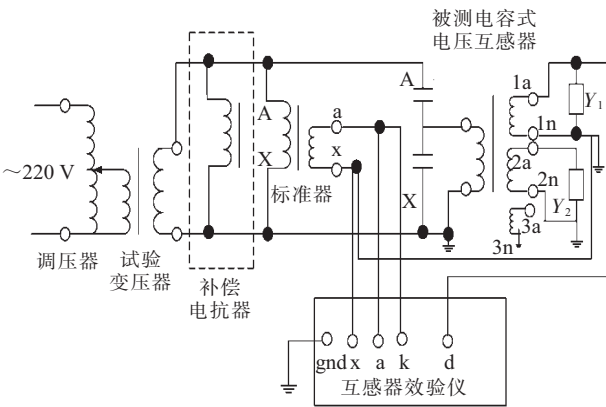


图5 110 kV及220 kV CVT检测线路

压^[4],接线如图6所示,该串联谐振升压装置主要由励磁变压器、谐振电抗器、标准电压互感器、均压环以及互感器校验仪等组成。在CVT现场校测中,选用市电的工频电源,且CVT的电容量又是相对固定值,所以采用通过调节谐振电抗器铁心的气隙从而调节其电感量的方式来达到谐振。

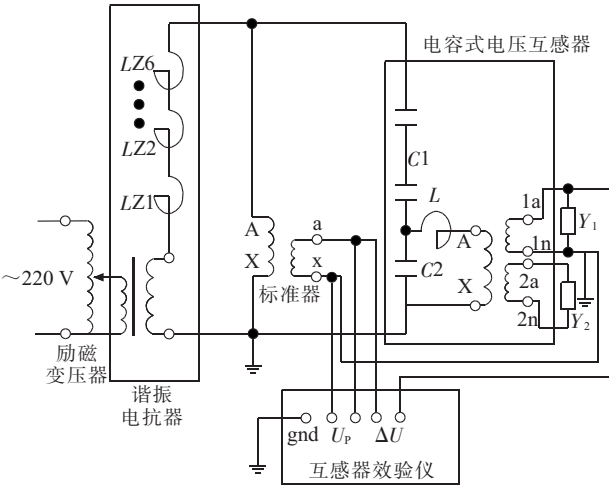


图6 串联谐振装置检测500 kV CVT线路

3.2 电压互感器现场检测接线

检测接线宜按高压回路、检测回路和电源回路分别连接和检查。如果电压互感器的二次引线已连接到端子箱,可以在端子箱侧进行检测接线。如果电

压互感器接线盒到二次端子箱之间的引线发生异常,应以在接线盒侧接线得到的检测结果为准。接线时注意检测回路要完成全部连线后再一点接地。

在接线盒侧接线时需要解开计量绕组 1a、1n 端子和保护绕组 2a 端子,换接配用的二次引线,再解开剩余绕组的 da 端子。如果在端子箱操作,则改为在上述标志的连接端子上接线,接线时电压互感器二次严禁短路。

封闭式组合开关设备(GIS)的电磁式电压互感器一次回路接线可以从进线侧加压,也可以从主变侧(解开与变压器的连接)加压,加压接线如图 7 所示。另外,如果进线通过入地套管接入,主变侧为封闭的绝缘套管接线,则可以通过在母线上加检测套管,从而形成检测回路。

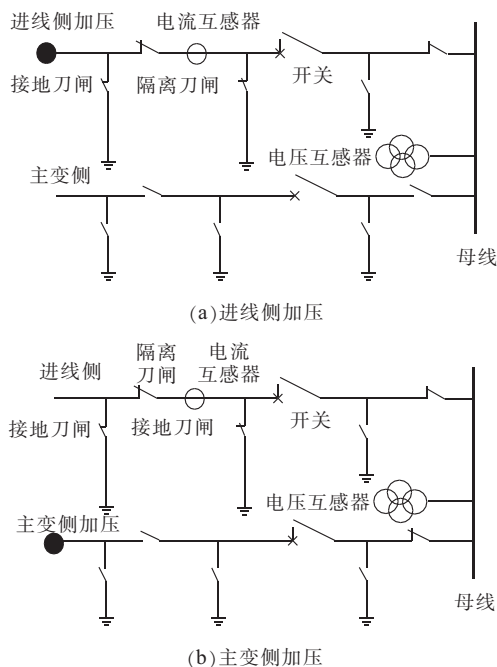


图 7 GIS 电磁式互感器一次回路连接

4 互感器现场检测误差主要影响因素分析

4.1 环境电场对互感器误差的影响

电磁式电流、电压互感器由于回路阻抗低,环境电场在回路中感应产生的电流、电压非常小,环境电场基本上不会影响到电磁式互感器的误差。

电容式电压互感器的耦合电容器没有电场屏蔽,变电站的带电部件与耦合电容器电极通过空间电场可以形成杂散电容,会流过电容电流。不带电的金属构件与耦合电容器也会形成接地电容,流过电容电流。检测表明,三相一组的 CVT 即使用同一型号规格的产品,由于安装在不同位置,检测时也会得到不同的误差值,原因就是周边物体与 3 台互感器有不同的电容耦合,产生不同的干扰所致。这种

干扰与 CVT 的主电容量有关,目前的产品标准是 110 kV 互感器主电容量 $0.02 \mu\text{F}$, 220 kV 互感器主电容量 $0.01 \mu\text{F}$, 330 kV 和 500 kV 互感器主电容量 $0.005 \mu\text{F}$, 因此空间杂散电容对它们的干扰程度有很大不同,对 $0.005 \mu\text{F}$ 的干扰明显大于对 $0.02 \mu\text{F}$ 的干扰,由于杂散电容在 10 pF 以下,因此干扰量一般不超过 0.1%。

4.2 铁心剩磁对电流互感器误差影响

根据铁磁物质的磁化理论,铁心磁化过程是磁畴取向的过程,当外部磁场取消后,磁畴并不能回到完全的无序状态,使得平均磁化强度不能降为零。磁畴取向后要使它转向需要输入能量,或者说它有记忆效应,这种现象称为磁滞效应。对于结构均匀的晶体,磁滞现象只在施加外界磁场时发生,当外界磁场消失后,晶格的热运动会使磁畴很快达到无序状态,不存在剩磁。但实际加工得到的晶体总是不均匀的,在内部应力作用下,部分磁畴可以沿应力取向,如果外部磁场的作用力不能超过内部应力,这部分磁畴将不随外部磁场翻转,这时就有剩磁产生。一般来说,剩磁小的硅钢片,磁畴取向能小,磁导率高,质量好;剩磁大的硅钢片,磁畴取向能大,磁导率低,质量不好。

在现场误差检测中,发现有的电流互感器剩磁影响达到 0.4%。因此剩磁是电流互感器一个不容忽视的问题。在剩磁状态下,电流互感器的误差变化可正可负。对于标准硅钢片和铁镍合金试样,弱剩磁多半使互感器误差往正方向变化,强剩磁必然使互感器误差向负方向变化。运行中的电流互感器出现强剩磁的一种可能是一次电流中有直流分量,直流分量一般是由于用电设备的非线性引起的,特别是使用直流的设备和可控硅设备。所以电气化铁路、电镀厂、炼钢厂、铝厂等用户的电网中一次电流可能会存在比较大的直流分量。可通过先对电流互感器退磁,再检测其误差。

4.3 电流导体对互感器误差的影响

电流导体可以在邻近的电流互感器和电压互感器铁心上产生磁场。现场互感器准确度等级最高只有 0.1 级,大多数铁磁材料在运行磁密下(0.01~1.5 T)的磁导率变化陡度并不是很大,磁密略有变化对误差不会产生实质性影响。因此只要外磁场对铁心内磁场的扰动不明显,例如使铁心磁路两侧磁通的变化只有 10%,互感器的误差可认为基本不变。但是如果外磁场使铁心磁路两侧磁通差别超过 30%,则误差的变化就会明显。特别是如果一侧磁通增加到接近饱和磁密状态,误差就会失去控制,甚至使互感器绕组过热损坏。

4.4 二次负荷对互感器误差的影响

不管是电流互感器还是电压互感器,或者电容式电压互感器,误差都与实际二次负荷有关。制造厂在设计互感器时,为了达到节省材料的目的,都会把额定负荷下的比值误差调校到负值,把 1/4 额定负荷下的比值误差调校到正值。在选择互感器参数时,要使其额定二次负荷大于实际的二次负荷,额定负荷的 1/4 又能小于实际二次负荷。二十年前,互感器的二次回路负荷是电工式仪表,每台仪表的负荷不小于 $5\text{ V}\cdot\text{A}$,总负荷达到数 $10\text{ V}\cdot\text{A}$ 。因此互感器的额定二次容量一般设计达到 $30\sim 150\text{ V}\cdot\text{A}$ 。过去十年中,大量的电子仪表和数字仪表代替了电工式仪表,这些仪表的负荷都很小,多数不到 $1\text{ V}\cdot\text{A}$,这样就产生了互感器实际二次负荷小于传统的下限负荷的现象,因此互感器实际二次负荷运行点附近误差趋向正方向变化。

根据互感器误差实际检测记录看,互感器从满载到下限负载误差呈正方向变化趋势,到达 1/4 额定负载点时已普遍呈正向趋势,到达下限负载点,已出现大量互感器误差超差的情况。

5 现场安全措施的注意事项

(1) 现场检测工作必须执行工作票制度,工作负责人办好工作票后,应前往工作地点,核实工作票各项检测内容,并向全体检测人员详细说明在检测现场应注意的安全注意事项。

(2) 互感器一次、二次回路与系统隔离,电压互感器二次严禁短路,电流互感器二次严禁开路。

(3) 进入检定现场,必须戴安全帽,穿绝缘鞋;登高作业时,应佩戴安全带,并做好防止互感器瓷件损坏的安全措施。

(4) 电压互感器检定现场应装设遮拦或围栏,悬挂“止步,高压危险!”标示牌。检定过程应有专人监护并呼唱,严禁非检定人员进入检定场地,当出现异常情况时,应立即停止测试,查明原因后,方可继续测试。

(5) 根据带电设备的电压等级,检定人员和检定设备与带电设备之间应有足够的安全距离。

(6) 在现场检修电源箱接电源线时,要一人接线,一人监督,接好电源线后要悬挂禁止操作电源开关的标示牌;检定装置的电源开关,应使用具有明显断开点的双极刀闸,并具有可靠的过载保护装置。

(7) 检定设备的金属外壳应可靠接地,接线应牢固可靠,变更接线或测试结束时,应首先将加压设备的调压器回 0,然后断开电源侧刀闸,并在被检互感器和加压设备的输出端用专用接地棒接地放电。

6 检测结果的处理

按照 JJG 1021—2007《电力互感器》规程得到的被测互感器在全部检测点的误差,如果不超出规程基本误差限值,则认为误差合格。若得到的被检互感器在一个或多个检测点的误差,在考虑现场各种影响因素后,如果超出规程基本误差限值,则认为误差不合格。误差不合格的互感器允许在规程中的参比条件下,进行复检,最后根据复检结果作出合格或不合格结论。

7 结束语

互感器误差现场检测要在符合检测条件的情况下,针对不同的类型、不同的电压等级的互感器检测内容,采用不同的检测方案,需要分析各种影响因素对误差的影响,以保证互感器的检测准确可靠,公正公平。

(1) 电流互感器误差现场检测优先采用准确度高的“标准电流互感器的比较法”方案。

(2) 110 kV、220 kV 电压互感器现场检测采用试验变压器直接升压,根据电容式电压互感器的电容量来确定补偿电抗器的电感值。

(3) 500 kV 电压互感器采用串联谐振升压装置施加检测电压,根据被测互感器的电容量,确定谐振电抗器的电感值,再调节谐振电抗器铁心的气隙来达到谐振条件。检测结束时,要对被测互感器和升压设备的输出端用专用接地棒接地放电。

(4) GIS 中的电流、电压互感器要根据现场情况确定一次电流、一次电压的施加方案,并对隔离刀闸、接地刀闸、开关等进行相应操作。

(5) 电流互感器检测误差异常时,要考虑铁心剩磁的影响,需对其先退磁,然后再进行误差检测。

(6) 对于因额定二次负荷高配而超差的互感器,要更换为配置合适的互感器。

(7) 在环境电场干扰很强的情况下,互感器误差异常时,要在规定的参比条件下进行误差复检。

参考文献:

- [1] JJG 1021—2007,电力互感[S].
- [2] DL/T448—2000,电能计量装置技术管理规程[S].
- [3] 侯静,杨峻,黎江峰. 低压测试法及其在特殊互感器测试中的应用[J]. 青海电力,2009,28(1):13-16.
- [4] 焦赞辉,郭林. 串联补偿及并联补偿试验方法[J]. 宁夏电力,2001(4):10-12.

作者简介:

徐敏锐(1976-),男,江苏淮安人,工程师,从事电力计量技术方面工作。

(下转第 56 页)

Research on a New Multilevel SVG

CHANG Peng-fei¹, XU Xing-xing², WANG Bao-an², HE Ze-jia³

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China; 2. Southeast University, Nanjing 210096, China; 3. Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: Multilevel SVG has been researched and used widely because of its lower output harmonics and high power capability. A new topology of multilevel SVG is presented in this paper. The new topology achieves comprehensive compensation of reactive power, harmonics and three phase imbalance using two inverters with common DC capacitor. The structure and compensation principles of the new multilevel SVG are analyzed. And the main circuit and control circuit of hardware are designed using DSP and FPGA as the core of the system hardware. The design of software is introduced, including main program, the timer interrupt subprogram and FPGA module. Lastly, results of simulation and experimental verify that the proposed system has good effect in reactive power compensation and the voltage of DC capacitor is stable.

Key words: multilevel SVG (static var generation); reactive power compensation; common DC capacitor; carrier phase-shifted PWM technique

(上接第 51 页)

Field Detection and Influencing Factors Analysis on Transformer Error

XU Min-rui

(Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: In view of current and voltage transformer's field error detection work, this paper introduces detection conditions of transformers, and puts forward error detection circuit and wiring method for current and voltage transformer. Besides, the main influencing factors of transformer's field error detection are analyzed in detail. The results process method of transformers' field error detection is also pointed out. Proposals and measures for transformer's field error detection are put forward, which have reference value for transformer's field error detection work.

Key words: current transformer; voltage transformer; field detection; metering error

输变电设备状态检修

近年来,随着江苏电网的快速发展,输变电设备大量增加,装备和监控水平不断提高,设备的技术性能和可靠性得到了质的飞跃。而与之对应,电网企业原来长期延用的定期维修制度,越来越显现出不合理性。

定期维修需要越来越多的人力和物力,同时也造成了大量健康设备过检修,造成设备重复停电或不必要停电,严重影响供电可靠性的提高。为此,江苏省电力公司(以下简称公司)积极研究与设备相适应的检修策略,以进一步提高检修管理水平,提高检修效益和设备可靠性。

输变电设备状态检修是对原来的设备检测及维修周期进行调整,以电气设备预防性试验、日常运行维护监视、检修情况、设备正常寿命周期为主,以红外检测、带电测试等在线监测技术为辅,制定合理的检修试验计划,并及时落实各项反事故措施。状态检修完全符合"应修必修、修必修好"的检修原则,与"周期性检修"相比,对设备是否"应修"、"何时应修"及"修什么"的判别更为科学,更加符合实事求是的原则,其实施为有效提高设备可靠性、降低设备维护成本提供了有力保障。经过一段时间的探索,江苏省电力公司输变电设备状态检修进入全面发展阶段。

公司制订颁发了《江苏省电力公司输变电设备状态检修管理办法》;编制了《油浸式变压器(电抗器)状态检修导则》、《电力线路状态检修导则》、《继电保护设备状态检修导则》等多个输变电设备的状态检修导则;制订了《江苏省电力公司在线监测设备技术标准》;建立了全省在线监测设备的数据综合平台,通过与生产 MIS 系统、绝缘监督系统等的数据的交互,实现了数据综合的专家系统分析。

公司大力推广设备红外检测、在线监测、带电测试等各种不停电测试技术,完成了全省 110 kV 及以上输变电设备的状态评估,全面推进输变电设备状态检修工作。