

空载轻载新设备启动送电继电保护 向量测试的思考

梁静¹, 冯小萍², 常喜强², 肖雪³, 印欣⁴

(1. 国网新疆电力公司电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830002;

2. 国网新疆电力公司电力调度控制中心, 新疆 乌鲁木齐 830002;

3. 华北电力大学, 河北 保定 071003; 4. 国网新疆电力公司检修公司, 新疆 阜康 831500)

摘要: 对一次新设备启动送电过程中空载及轻载线路继电保护向量测试工作遇到的问题进行了讨论, 对解决方法进行综合论述分析, 提出了新设备启动过程中带负荷测向量的注意事项, 并在此基础上提出了新的测试方法。新方法不仅解决了大多数空载及轻载线路保护向量无法测试的缺点, 同时大大缩短了测试时间, 确保了电网的安全稳定运行。

关键词: 新设备; 向量; 轻载; 空载; 启动送电

Abstract: The problems occurring in the relay protection vector testing for no-load and light-load lines during the startup of new power transmission equipment are discussed, the comprehensive solutions are analyzed, the points needing attention in the process of vector testing with load for new equipment startup are proposed, and a new testing method is put forward on this basis. The new method not only improves the shortcomings that the protection vector cannot be tested in most no-load and light-load lines, but also significantly reduces the testing time, which ensures the safe and stable operation of power grid.

Key words: new equipment; vector; light-load; no-load; startup

中图分类号: TM774 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2014)01-0039-04

0 前言

继电保护带负荷测向量对于新设备送电至关重要, 其主要是利用工作电压、负荷电流检查电流二次回路的正确性, 结合一次设备负荷情况进行矢量分析, 判断设备运行情况是否良好。核相的目的是通过二次电压回路的大小和相位的测量, 判断二次电压回路是否正确, 变比及极性使用是否正确。

空载及轻载线路的继电保护向量测试一直是工程实际中的难题。随着越来越多的新设备启动, 调度运行人员在启动送电过程中往往为保证电网安全, 腾空母线造成负荷太小, 无法满足继电保护带负荷测向量的要求而影响保护测试, 从而影响新设备送电, 进而影响新设备相关配套工程的建设。特别是对于电网中新建的许多电厂, 此种问题更加突出。大量电厂正在或即将建设, 但在电厂辅机调试期间及发电机启动投运初期, 由于高压启备线路所带厂内负荷太小, 短期内无法满足进行带负荷测向量的

要求。尤其是对于大机组的发电厂, 由于短路容量大, 一般电流互感器的变比很大, 为达到二次电流向量测试的需要, 所需负荷将更大, 有可能造成所有辅机全部投入仍然达不到二次电流向量测试需要的负荷。在此种情况下, 若将高压启备线路投入运行, 则无法保证系统母差保护和线路保护向量的正确性, 将严重威胁电网的安全稳定运行; 而如果不将高压启备线路投入运行, 则电厂的辅机调试将无法开展, 又会极大影响电厂的建设。

因此, 解决空载及轻载线路的继电保护向量测试问题可以突破新设备启动中的难题, 减少新设备启动测试时间, 尤其是对于电厂建设, 不仅具有巨大的经济效益, 而且密切关系到整个电网的安全稳定运行, 意义十分重大。

1 继电保护测向量的作用和测试内容

继电保护带负荷测试对继电保护的安全运行起着至关重要的作用, 无论是对母差保护、线路或变压

器差动保护 均要进行带负荷测向量。新投设备带有母差保护或带方向的保护,电流互感器更换或返厂检修后,更换线路保护,总之只要是涉及 TA 更换、保护装置更换或电流回路改动都需要带负荷测向量。

带负荷测试前,要深入了解保护原理、实现方式和定值意义,熟悉现场接线;带负荷测试中,要按照带负荷测试内容,认真、仔细、全面收集数据;带负荷测试后,要对照分析方法,逐一检查、逐一判断。

带负荷测试数据检查:测试得到的数据对正确分析、判断设备情况起到了决定性的作用,因此,检查是必不可少的。检查步骤如下(以变压器为例)。

①检查电流相序。在正确接线条件下,各侧电流都是正序。

②检查电流对称性,每侧 A 相、B 相、C 相电流幅值基本相等,相位互差 120° ,且 A、B、C 三相电流依次超前 120° 。

③检查各侧电流幅值,核实 TA 变比,将变压器各侧一次电流除以二次电流,得到实际 TA 变比,该变比应和整定变比基本一致。

④检查差流(或差压)大小及整定值正确性。对励磁电流和改变分接头引起差流,变压器差动保护一般不进行补偿,而采用带动作门槛和制动特性来克服,测差流(或差压)不会等于零。

而实际上目前的相量检查试验如下。

①确定一次系统的负荷情况:电流大小、功率性质、功率流向;

②测量二次电流,确定 TA 变比正确;

③根据设定基准电压(推荐用 A 相),测量各相电流与电压间的夹角,确定电流相序以及计算 P 、 Q ,与一次系统对照;

④对于差动保护,还要测量差流或差压。

2 继电保护带负荷测向量的原理

带负荷测向量的方法以电流互感器二次回路极性由母线指向电力设备为例进行说明。首先记录被测测试电流互感器所流过的负荷电流及有功、无功的大小和方向(后台一次值)。然后用钳型电流表测试电流二次回路三项及中性线的电流大小和各项电流与系统电压的角度,根据所测得数据进行分析判断,具体如下。

(1)在测量各测电流相位之前,电流幅值应该

大于误差的一半,就是保证线路带有一定的负荷,达到仪器的精确度,并且保证在测量过程中运行工况稳定。各绕组的电流幅值不能过小,否则分析结果将会出现错误。电流互感器所流过的负荷电流与所测的各项电流幅值的比值应与电流互感器的变比一致,中性线电流幅值很小,但不为零。

(2)保证在测量过程中有统一的基准点,选择参考相电压时,注意电压和电流的同极性关系,在谐波比较大的变电所采用线电压作为参考电压有助于减小误差;正确的使用仪器,注意电流的流入流出方向。

(3)三相电流幅值基本相等,相位角互差 120° (电铁等特殊负荷外),呈正序分布。在测量过程中,由于电流互感器自身存在角度误差,测试过程中的负荷波动,所测的相位及幅值都会存在误差,一般角度误差在 10° 以内。

(4)基准电压超前同名相电流的角度与有无功的送受情况相一致。在绘制相位图时,参考相位方向在时钟零点位置,其他各相参照参考项角度顺时针为正绘制,所得的角度为电流滞后电压的角度。

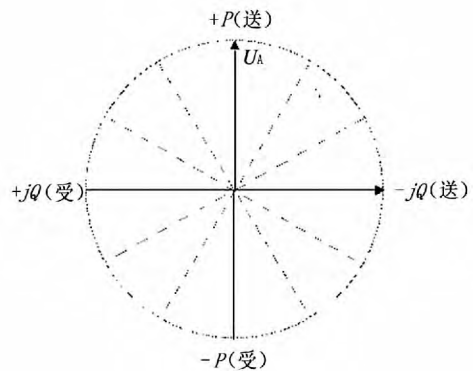


图 1 功角坐标图

功角坐标如图 1。

①第一象限 $P > 0, Q > 0$, 测试点“送出有功,送出无功”;

②第二象限 $P > 0, Q < 0$, 测试点“接受有功,送出无功”;

③第三象限 $P < 0, Q < 0$, 测试点“接受有功,接受无功”;

④第四象限 $P < 0, Q > 0$, 测试点“送出有功,接受无功”。

3 继电保护带负荷测向量的方法

当前解决空载及轻载线路继电保护向量测试问

题的传统方法有两大类:一类可称之为直接法,即想办法提高线路的负荷,使之达到继电保护向量测试所需要的大小;另一类可称为间接法,即暂时不测量空载及轻载线路的继电保护向量,而是改变系统的一、二次运行方式,使之适应母差及线路保护向量未测试而无法正常运行投入运行的情况。

3.1 直接法及其分析

直接法的具体实施方法与工程实际的条件有密切的关系,总的来说有以下几种。

方案1:若新设备送电网架结构具有双回线,则考虑通过双回线环带负荷,使之达到继电保护向量测量的要求。

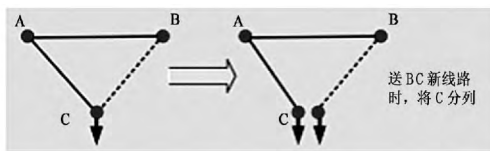


图2 方案1示意图

方案2:发电厂在启备变压器低压侧带临时负荷,使之达到继电保护向量测量的要求。

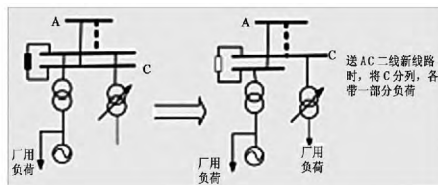


图3 方案2示意图

方案3:用未测向量的断路器临时带已运行的相邻间隔线路,改变运行方式,使之达到继电保护向量测试的要求。

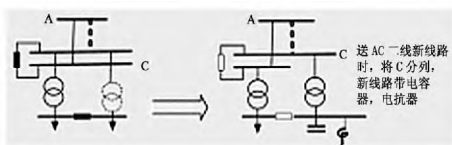


图4 方案3示意图

方案4:利用无功补偿设备损耗增加负荷进行测向量。

3.2 间接法及其分析

间接法一般有以下几种。

方案1:在电厂辅机调试期间暂时不测量保护向量,对侧变电站通过母联或分段开关串接在线路前,由母线或分段开关的独立母联过流保护来保护启备线路,直至发电机启动送电可以测量保护向量,

方案2:在电厂辅机调试期间暂时不测量保护

向量,对侧变电站通过旁路开关带启备线运行,由旁路开关保护来保护启备线,直至发电机启动送电可以测量保护向量。

4 新方法原理与分析及实施中的注意事项

4.1 方案1

4.1.1 新方法原理

在变电站中,由于已运行的同一电压等级的开关电流互感器极性是正确的,所以可以用已运行的开关电流互感器作为基准,将其一次侧按正极性通过低压电缆串接待测保护向量启备线开关电流互感器,在电流互感器一次侧用大电流变比试验仪加电流通过,以模拟负荷电流,利用外加电源通过电流互感器传变压器,检查启备线开关电流互感器二次电流回路电流复制大小和相位关系的正确性,从而来判断保护电流二次回路接线是否正确。

4.1.2 新方法的分析

新方法是利用在互感器一次侧用大电流变比试验仪加电流以模拟负荷电流,从而达到继电保护向量测试的要求,负荷电流与实际负荷电流指示在电压等级上有所不同,其一次电流的通路是完全相同的,因而对于电流的继电保护向量测试来说,两者

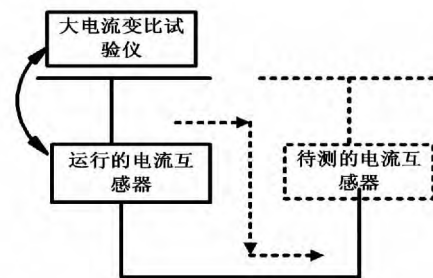


图5 新方案1原理示意图

本质是相同的,其测试结果完全可以信赖,而从新方法的具体实施方案可以看出,新方法的实施是较为简单的,无需对一次方式做大的调整,实施过程中对电网的安全稳定运行也无影响,方案应用于工程实际不仅具有巨大的经济效益,而且可以保证电网的安全稳定运行。

4.1.3 新方法具体实施中的注意事项

(1) 防止感应过电压

由于模拟一次负荷电流需要在开关场地接线,系统母线上产生的感应电压,将可能对人身、设备、

仪器产生危害,同时,较高的感应过电压有可能通过低压电缆引入所用低电压系统,将致使设备绝缘击穿或者人身触电事故,因此,必须采取切实有效的防止感应过电压的措施。

防止感应过电压的措施,在试验接线前,应将作为击穿的开关及启备线开关均转为检修,然后才可以接线,在试验接线结束后,应只保留一个接地点,这样既可以防止一次电流回路在高压磁场中形成感应过电压,对人身和设备构成威胁,又可以避免试验时模拟的负荷电流经过多个接地点分流。

(2) 模拟负荷电流对试验条件的要求

试验所需的仪器有:大电流变比试验仪 1 台(输入电压,AC 220 V,25 A,50 Hz;输出电流,AC 1 000 A/5 V 或 500 A/10 V;),SY 3 000 智能三相电力参数测试仪器 1 块,数字式万用表 1 块,大量程交流电流表 1 块。

对试验条件的几点要求:大电流变比试验仪的容量应满足要求,在可能的情况下应尽量大一点,连接电流互感器一次侧的电缆截面应尽量大一些,以减轻大电流变比试验仪的负荷,测量二次电流向量的相位表应采用高精度的相位表,尤其是最小灵敏电流应尽量小,以保证测量结果的可靠性。

4.2 方案二

4.2.1 新方法原理

在变电站电流互感器的户外端子箱处临时将要测试的二次绕组与备用绕组并联,此时该电流互感器的两个二次绕组如果极性相同则流过的电流将增

大一倍,使之达到继电保护装置向量测试所需要的电流大小,从而来验证保护装置电流二次回路极性是否正确。



图 6 新方案 2 原理示意图

4.2.2 新方法的分析

新方法是利用电流互感器的两个二次绕组并联增大电流来实现的,其测试结果完全可以信赖,且实施起来比较容易,同时也无需对一次方式进行调整,对电网的安全稳定运行没有影响。

4.2.3 新方法具体实施中的注意事项

新方法可能会由于施工工艺不良、接线不紧固造成电流二次回路开路,此时将会在电流互感器二次侧感应出高电压,威胁人身安全和仪表、保护装置运行,甚至会造成电流互感器磁路饱和、铁心发热烧毁互感器。另外,该方法需要用到电流互感器的备用二次绕组,目前国内互感器厂家生产的电流互感器部分只有 6 个二次绕组,除去计量与测量外用于保护的二次绕组只有 4 个,由于 220 kV 系统保护均按双重化原则配置,对于常规变电站很多时候电流互感器用于保护的二次绕组没有备用,这就给该方法的实施带来困难。

5 各种方法的比较

各种方法的比较见表 1。

表 1 两种方法的比较

比较项目	直接法	间接法	新方法
优点	测量简单可靠	测量相对复杂	测量简单可靠
缺点	<p>方案 1: 需要同时占用两条输电线路,对电网运行方式影响较大,而且由于许多工程实际不是双回线结构,不具备普遍性。</p> <p>方案 2: 其优点也是继电保护向量测量简单可靠,缺点是电厂所用的风机、水泵、磨煤机、引风机等用电设备需要由启备变压器供电,其负荷很难达到进行测向量的要求,而其他没有负荷,或者其他负荷由于电压等级不同,又很难转移到启备变压器的低压侧,增加临时负荷难度大。</p> <p>方案 3: 在变电站内一次要重新布线,由于重点跨度较大,临时引线较为困难,安全距离很难保证,安全措施难以实施,对系统的安全稳定运行产生较大的事故隐患,投资费用较大,经济效益差。</p> <p>方案 4: 无功补偿设备负荷电流较小,且有时没有无功补偿设备,受到限制。</p>	<p>方案 1: 启备线路要单独长期占用一条(段)母线,对电网运行方式影响较大,而且由于变电站的母差长期无法投入运行,对系统的安全稳定运行产生很大的影响。</p> <p>方案 2: 启备线要长期占用旁路开关,对电网运行方式影响很大。</p>	<p>可能存在感应过电压</p> <p>可能存在 TA 二次回路开路或无备用绕组</p>
受制因素	网架结构、运行方式、负荷大小、费用	网架结构、运行方式、负荷大小	仪器、TA 二次绕组

(下转第 91 页)

整定计算导则》取 0.6 倍主变压器高压侧电压作为主变压器高压侧的零序电压^[4]。通过锦屏二级水电站的实际参数计算得出在主变压器高压侧发生单相接地时,其零序电压为相电压的 0.29 倍。通过计算主变压器高压侧传递至发电机端的零序电压,验证了锦屏二级水电站发电机基波零序电压定子接地保护无需再增加主变压器高压侧零序电压闭锁。由于躲开了主变压器高压侧单相接地的传递电压,因此发电机定子接地保护动作延时可适当缩短,更有利于保护发电机定子的安全运行。

参考文献

[1] DL/T 684-2012 大型发电机变压器继电保护整定计算导则[S].
[2] 李光琦. 电力系统暂态分析(第三版) [M]. 北京: 中国

(上接第 42 页)

6 结 论

随着电网的快速发展,新设备投运也越来越多,尤其是大量电厂正在或即将建设,电厂在建设期间需要启备线送电对各种厂用机械进行调试,但是由于负荷过小,无法满足进行带负荷测向量的要求,造成保护无法正常投入,影响设备送电,这种矛盾随着电厂的快速建设及电网的快速发展越来越突出。当前采用的方法都有一定的优缺点,但基本上缺点多于优点,施工难度大,受制因素多,普遍性差,难于推广。因此,所提出的针对空载及轻载线路向量测试新方法有利于系统的安全稳定运行,接线简单,操作方便,易于测试,同时具有普遍性,对于类似的空载线路及轻载线路的继电保护向量测试均可采用。

参考文献

[1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术(第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
[2] 国家电力调度通信中心编. 电力系统继电保护使用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
[3] 国家电力调度通信中心编. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.

电力出版社 2007: 86-91.

[3] 巨争号. 接地故障传递电压对发电机定子接地保护的影响[J]. 神华科技, 2011, 9(5): 54-57.
[4] 季杰. 发电机定子接地保护在二滩水电站的应用[J]. 水电自动化与大坝监测, 2012, 36(3): 35-38.

作者简介:

黄建琼(1984), 硕士, 工程师, 从事发电厂监控系统工作;

季杰(1987), 本科, 助理工程师, 从事发电厂继电保护工作;

蔡显岗(1987), 本科, 助理工程师, 从事发电厂继电保护工作;

陈熙平(1987), 本科, 助理工程师, 从事发电厂继电保护工作。

(收稿日期: 2013-08-26)

[4] 华中工学院编. 电力系统继电保护原理与运行[M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.
[5] 吕继绍主编. 继电保护整定计算与实验[M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1983.
[6] 王维俭. 电力系统继电保护基本原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.
[7] 张志竞, 黄玉铮. 电力系统继电保护原理与运行分析(上册) [M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
[8] 王广延, 吕继绍. 电力系统继电保护原理与运行分析(下册) [M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
[9] 王梅义, 蒙定中, 郑奎璋, 等. 高压电网继电保护运行技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1993.
[10] 尹项根, 曾克娥. 电力系统继电保护原理与应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.
[11] 陶然, 熊为群. 继电保护自动装置及二次回路[M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.

作者简介:

梁静(1960), 硕士研究生导师, 高级工程师, 从事电力系统继电保护方面的工作;

冯小萍(1979), 硕士, 主要从事电力系统继电保护工作;

常喜强(1976), 高级工程师, 从事电力系统运行与稳定方面的工作。

(收稿日期: 2013-05-19)