

500 kV 变压器中性点备用小电抗器运行方案探讨

万利

(吉林省电力有限公司培训中心, 吉林 长春 130022)

摘要: 对我国现行 500 kV 变压器中性点经小电抗器接地运行方案进行了介绍。由于不允许中性点具有不同接地方式的变压器并联运行, 小电抗器维修将迫使该变压器停运, 带来不必要的经济损失。也使零序网发生不必要的改变。这是它的不足。为使小电抗器维修时变压器停运时间尽可能短, 提出了公共备用小电抗器运行方案, 并论述了运行原则。从调度、运行、继电保护角度看, 问题被简化。从实用角度, 提出了电动隔离开关的一种自动切换方法; 结合备用小电抗器投入和退出原则进行了较详细的说明。

关键词: 500 kV 变电站; 备用小电抗器方案; 投入和退出原则; 自动切换过程; 与计算机监控的配合

An operating scheme discussion on the 500 kV transformer neutral point spare small reactor

WAN Li

(Training Center Jilin Electric, Power Co., Ltd, Changchun 130022, China)

Abstract: This paper introduces the operating scheme on the 500 kV transformer neutral point grounding via small reactor currently used in our country. Since it is not allowed that the transformer operates in parallel with the neutral point that has different grounding methods, the maintenance of the small reactor will force the transformer stop operating, which will bring unnecessary expenses as well as unnecessary changes of the zero sequence networks. This is the disadvantage of this current method. In order to make the transformer stop working as short as possible during the maintenance of the small reactor, this paper presents the operating scheme of the public spare small reactor and states its working principle. The problem is simplified from the perspective of the maneuver, operation and relay protection. Also from the practical perspective, this paper presents an automatic switching method of electric power isolating switch, and explains in detail of the in-and-out principle with the combination of the spare small reactor.

Key words: 500 kV substation; scheme of spare small reactor; in-and-out principle; automatic switching procedure; cooperation with DCS

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)20-0064-04

0 引言

500 kV 变电站的变压器普遍采用三台单相自耦变压器构成。根据自耦变压器的特点, 在中压侧接地故障时由于高压侧的传导功率的存在, 使自耦变压器的短路电压仅为双绕组变压器的 0.56 倍, 意味着在短路时有较大的短路电流^[1]。会出现 220 kV 侧接地短路电流大于大部分 220 kV 断路器分断电流 50 kA 的限制。而更换断路器, 因投资较大或因运行中断而不宜采取。

1 应用现状及不足

为限制 220 kV 侧接地短路电流, 在国内部分变电站已采用了变压器中性点经小电抗器接地的运行方案。

设计规定: 自耦变压器中性点必须接地运行或

经小电抗器接地运行^[2]。

现行方案见图 1。以单相容量为 250 000 kVA, 总容量为 750 000 kVA 的变压器为例, 进行介绍。

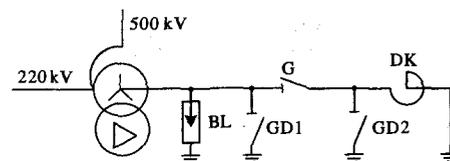


图 1 中性点经小电抗器接地示意图

Fig.1 Schematic diagram of star point grounding via small reactor

DK 为工作小电抗器。正常运行时, 将电抗器接入中性点为正常运行方式, 隔离开关 G 闭合、接地刀闸 GD1、GD2 断开。

在检修电抗器时, 先闭合接地刀闸 GD1 将变压器中性点直接接地, 再断开隔离开关 G, 最后闭合

接地刀闸 GD2, 使工作电抗器两端接地检修。

在投入电抗器时, 先断开接地刀闸 GD2, 再闭合 G, 最后断开接地刀闸 GD1。使中性点经电抗器接地运行。

从操作过程可见, 为使变压器中性点不“悬空”, 保持对地联系, 关键是对 G、GD1 的正确操作。

变压器中性点不“悬空”, 保持对地联系, 对 220 kV 电网提供重大安全保障。可防止变压器误操作合闸使 500 kV 电压串入 220 kV 电网损坏变压器等设备绝缘, 出现重大损失。

由于不允许并联变压器中性点具有不同的接地方式运行, 一台工作小电抗器维修将迫使该变压器停运, 带来不必要的经济损失。一台 750 000 kVA 的变压器停运不但每小时损失 30 万元左右营业额, 还使零序网发生不必要的改变, 甚至迫使零序保护修改定值。

如果令所有变压器中性点直接接地, 问题更大, 除保护问题以外, 220 kV 断路器也面临威胁。

基于这种考虑, 现行方案大都要求工作小电抗器与主变“捆绑”在一起, 同时投入或退出运行。

这是现行方案的明显不足。

变压器中性点绝缘水平 63 kV 时, 小电抗器电抗值的选择, 按 220 kV 母线单相短路电流限制在 50 kA 以内、主变中性点电压偏移不超过 50 kV 选择。

2 备用小电抗器方案及运行原则

调度单位显然不希望因为小电抗器使运行方式受限, 为此探讨公共备用小电抗器及其切换方案, 有实际意义。

本文探讨的是不允许变压器中性点直接接地运行但允许运行中短时停主变的条件下, 用隔离开关快速切换备用小电抗器的方案。

备用小电抗器方案如图 2 (图中画出了两台主变), 其组成和运行原则说明如下:

1) 多台主变共设一台备用小电抗器 DK, DK 通过接地小母线 M_0 建立与各主变中性点的联系。同一时间, 只允许 DK 代替一台工作小电抗器 DK1 工作。图 2 中所有隔离开关和接地刀闸都采用电动操作机构。

在维修工作小电抗器 DK1 时, 将中性点通过 G2 切换到备用小电抗器 DK。

2) 接地刀闸 GD, 用于备用小电抗器 DK 空闲或检修时接地。

3) 取消图 1 中的接地刀闸 GD1。变压器检修时, 用图 2 的隔离开关 G1 和接地刀闸 GD1 代替接

地, 并挂接地线。

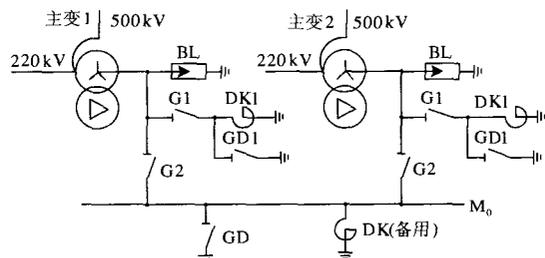


图 2 备用小电抗器示意图

Fig.2 Schematic diagram of spare small reactor

4) G1、G2 采用电动操作机构, 也便于实现联动, 同时缩短切换时间。

5) 如果并联运行变压器的工作小电抗器设计电抗值相差较大又不可更改设计电抗值时, 备用小电抗器可以考虑选择多电抗值的小电抗器, 简称抽头式电抗器, 要考虑无零序电流绕组(空绕组)的电压耐受程度。由于空气导磁系数低, 采取措施应不成问题, 可交厂家处理。

当然, 同时期设计的变电站出现这种情况的可能性不大。

6) 切换过程不应使接地电抗变化太大。为此在切换过程中, 放弃接地刀闸的闭合过程。如果备用小电抗器电抗值与工作小电抗器电抗值相等, 切换过程将使变压器公共绕组对地电抗变化有限, 即总电抗=变压器公共绕组电抗计算值+0.5 倍小电抗器电抗值。称此值为“最不利的电抗值”。

这也是考虑在 G2 投入而 G1 分断出现故障, 主变又异常投入的特殊情况。

7) 切换过程中, 任何情况下不允许 G1 和 G2 同时断开, 即采取“先开后切”原则操作。这实际是在切换过程中防止变压器误合闸造成损失的一种后备防护。

8) 切换时间尽量短。备用小电抗器投入后, 工作小电抗器应立即退出。

9) 投入或切换到备用小电抗器, 应征得调度允许等。

小电抗器等设备选择, 可参照现行方案计算。

3 备用小电抗器的控制回路

3.1 控制回路示意图说明

图 3 为控制回路和占用检测回路示意图。本文符号和标注参照西北电力设计院设计手册相关符号⁽³⁾。

1) G1、G2 为交流电动隔离开关。每个隔离开关有两个交流接触器分别控制合闸和分闸。

对 G1, 合闸终端分断触点为 G1_H, 分闸终端分断触点为 G1_F。合闸操作接触器为 CJ_{G1, H}, 分闸操作接触器为 CJ_{G1, F}。

对 G2, 合闸终端分断触点为 G2_H, 分闸终端分断触点为 G2_F。合闸操作接触器为 CJ_{G2, H}, 分闸操作接触器为 CJ_{G2, F}。

为防止合闸接触器和分闸接触器同时闭合造成短路, 采用了动断触点互锁回路。

2) 为防止备用小电抗器同时被两台或多台工作电抗器占用, 增加了公共占用闭锁。由所有 N 台主变单元的 G2 的动合触点并联后启动中间继电器 ZJ。ZJ 励磁说明备用小电抗器已被占用, ZJ 动断触点断开, 闭锁所有单元备用小电抗器投入操作。

退出备用小电抗器的操作启动时, ZJ 已闭合的动合触点将验证 G2 确实闭合到位。

3.2 备用小电抗器切换操作全过程

初始状态: 工作小电抗器投入状态。G1 闭合、G2 断开、GD1 断开、DK1 投入、GD 闭合。

现场监视人员到位。

操作顺序及说明如下:

1) 备用小电抗器占用检测电源投入。

为使控制逻辑不发生错误, 必需在备用切换操作前确认占用检测电源投入。可以考虑将占用检测电源长期投入。

2) 闭合控制回路交流电源开关。

3) 操作 GD 断开。

4) 主变压器暂停。

5) 按动备用小电抗器投入按钮 AN1, 启动备用小电抗器投入, 工作小电抗器退出的全过程。

首先检查 G2 合闸回路。G2 合闸回路实际是在检查合闸条件: 检查备用小电抗器未被占用, ZJ 动断触点闭合; 检查 G1 处在闭合状态, G1 辅助动合触点闭合; 检查 GD 处分闸状态, GD 辅助动断触点闭合; 检查 G2 分闸接触器未励磁, 其辅助动断触点 CJ_{G2, F} 闭合; 检查 G2 尚未合闸, G2 的合闸终端分断触点 G2_H 闭合。启动 G2 的合闸接触器 CJ_{G2, H}, 同时将按钮 AN1、ZJ、G1 触点串联回路自保持。一直到 G2 合闸终端分断触点 G2_H 断开, CJ_{G2, H} 失磁电动机停止, CJ_{G2, H} 辅助动合触点断开, 断开自保持电路。完成 G2 合闸并备用小电抗器投入。

G2 投入后, ZJ 励磁, ZJ 动断触点断开, 将所有变压器单元备用小电抗器投入的控制回路闭锁。

G2 合闸后分开 G1 的过程:

确保 G2 合闸后再分开 G1 是一个难点, 原因是 G2 动合触点可能先于 G2 合闸终端分断触点 G2_H 断开之前闭合, 提前启动 G1 分闸。这个时间差将造

成中性点“悬空”。因此在 G1 分闸回路中, 引入 G2 合闸接触器 CJ_{G2, H} 的辅助动断触点 CJ_{G2, H}, 它的闭合与 G2 辅助动合触点闭合作为 G1 分闸的共同启动条件。

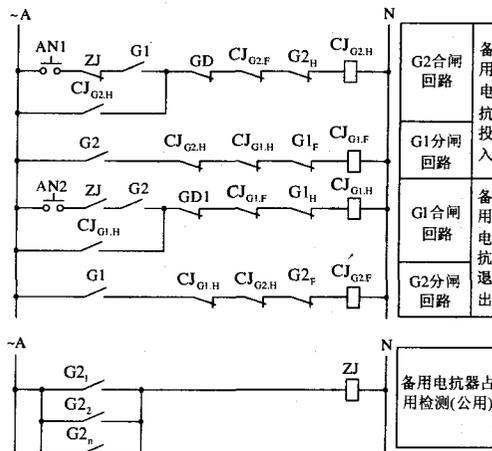


图3 控制回路和占用检测回路示意图

Fig. 3 Schematic diagram of control loop and occupation measurement

G1 分闸回路检查条件: 检查 G2 闭合, G2 辅助动合触点闭合; 检查 G2 合闸到位, G2 合闸接触器 CJ_{G2, H} 失磁, 其辅助动断触点闭合; 检查 G1 合闸接触器 CJ_{G1, H} 未励磁, CJ_{G1, H} 辅助动断触点闭合; 检查 G1 尚未分闸、分闸终端分断触点 G1_F 闭合。启动 G1 分闸接触器 CJ_{G1, F}, 一直到分闸终端分断触点 G1_F 断开, CJ_{G1, F} 失磁。G1 分闸结束。

6) 现场监视人员汇报动作正确和控制室信号显示无误, 主变压器投入。

7) 确认 G1 断开, 操作 GD1 合闸。断开控制回路交流电源开关, 但保留占用检测电源的投入状态。

完成了备用电抗投入、工作电抗退出的全过程。可见:

1) 整个切换过程没有人为延时。实质切换过程只有很短的时间(从 G2 触头闭合到 G1 触头分开一般在 2s 左右)出现前述“最不利的电抗值”。

2) 除操作断开 GD 接地刀闸作为准备工作外, 整个过程只需对 AN1 触发式按动, 操作简单。

仿此, 读者可以分析备用小电抗器退出过程, 即还原过程。AN2 为备用小电抗器退出按钮。

3.3 需要说明的几个问题

需要指出:

1) 按下 AN1 后, 切换过程很快就结束, 一旦发现间隔错误, 只能“将错就错”, 待切换完成再按动 AN2 使备用小电抗器退出后, 通知调度方可重新

操作。

2) 从整个控制回路看, 只有备用小电抗器工作时, ZJ 才励磁, 除此没有长期加电运行的二次设备, 可以接受。

3) 操作过程涉及主变压器退出和投入, 为减少切换时间, 在所涉及的隔离开关均为电动操作机构时, 没有理由强调必须在就地操作。两地操作反而不便和浪费时间。但现场监视仍是必要的。

4) 应在控制电源断开的情况下, 检查 AN1、AN2 触点是否错误粘连。

5) 图中没有画出控制回路的保护、电动机的保护、就地信号设备, 真实采用, 按需要加上。

6) 图 3 只是说明原理的展开图, 除了增加 ZJ, 和现有的电动隔离开关成品控制回路相比, 没有增加任何新设备。可以按其隔离开关厂家图纸改造对接, 或交由厂家处理, 做成两台隔离开关共用的操作箱。达到所需要的各种功能, 包括微机操作功能。微机装置的逻辑功能, 与图 3 所示原则相同。

7) 变压器小电抗器整套控制回路的试验, 应在备用小电抗器空闲并该变压器退出运行时进行。同时必须将该变压器高、中压引出线接地刀闸闭合, 验明中性点无电压并挂 35 kV 接地线可靠接地后进行投切试验。

这种方式虽然比较麻烦, 但比中性点设接地刀闸可能造成中性点接地运行的后果要好。当然, 中性点不设接地刀闸不是绝对的, 但运行中应严格限制其闭合。

8) 闭合接地刀闸的闭锁原则:

闭合 GD: 在 DK 空闲即 ZJ 失磁时, ZJ 动断触点闭合条件下允许闭合。

闭合 GD1: 在 DK1 空闲即 G1 断开时, G1 辅助动断触点闭合条件下允许闭合。但变压器检修时除外, 应设小开关在检修时解除闭锁。

9) 显然, 即使在切换过程时, 本方案也不可能出现中性点接地方式不同的运行方式。

4 与计算机监控的配合

提供若干空接点, 分别由控制微机作为无源开量接收。

1) 隔离开关 G1 和 G2 辅助动断触点串联。

通过 G1 和 G2 的辅助动断触点串联, 一旦导通(设为“1”态), 说明变压器中性点失去和地的联系, 出现“悬空”。这种情况有时在初安装时、或者由于隔离开关出现故障时出现。这种情况需要由软件实现以下工作:

由软件检测该变压器 500 kV、220 kV 断路器,

如果有处在合闸状态, 则立即自动强制跳开断路器, 使该变压器立即停运。在 G1 和 G2 的辅助动断触点串联不导通之前, 即没有恢复“0”态之前, 不得通过画面操作合闸, 应由逻辑软件强制画面合闸不执行。同时显示报警: 中性点接地断开, 禁止合闸。输出报警音响。

在设备投运前, 在整套控制回路的试验中应对 G1 和 G2 辅助动断串联触点进行严格检查, 发现不正常导通或不正常不导通应查明原因。

2) 隔离开关 G1、G2 和接地刀闸 GD1、GD 的辅助动合触点。提供 CRT 系统图做位置指示。

3) 其它触点。如小电抗器控制回路电压消失、隔离开关开闭异常、隔离开关电动机保护动作等。

除上述以外, 还包括确定在控制室操作时, 所增加的控制和返回触点。

5 结语

考虑到 500 kV 变电站的重要性和经济效益, 基本不因维修小电抗器而停电, 是本文的核心。

主变压器暂停, 切换后再投入运行, 要比长时间“陪停”好。

从总体看, 只增加一台小电抗器, 和一台接地刀闸, 换来主变不需要长时间“陪停”、零序保护定值可以不变的优点。资金投入有限, 经济效益明显。

尽管切换操作要经过调度单位同意, 但问题简化了许多, 使调度单位可以不顾及接地运行方式的不同、保护单位不必为零序网的变化而改变或放宽定值、运行部门不必为小电抗器维修和更换带来的经济损失而困扰。可谓一举三得。

尽管变压器公共绕组的电流不大, 有时接地故障时电流为 0⁽⁴⁾, 但变压器工作中性点用隔离开关进行切换仍有风险。

除隔离开关不可带负荷操作外, 还要顾及切换过程中接地电抗突变到“最不利的电抗值”而引起暂态过电压的后果。即使采用断路器代替隔离开关切换, 仍要计算后再确定可否操作。

作为探讨, 希望对读者有用, 如有不妥, 欢迎各位专家指正, 表示感谢。

参考文献

- [1] 吴大榕. 电机学[M]. 北京: 电力工业出版社, 1981.
WU Da-rong. Science of Electric Motor[M]. 营企业 Beijing: China Electric Power Industry Press, 1981.
- [2] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1989.

(下转第 73 页 continued on page 73)

殊情况下,会造成自动重合闸误动作。

当断路器作用于永久性故障永跳后,由于 TWJ 动作,使得重合闸无法充电,保证了重合闸仅动作一次。但此时若断路器合闸弹簧储能时间过长(要求小于 15 s)或 SF6 低闭锁操作继电器接点长期打开,超过了保护后加速时间与重合闸充电时间之和,即永跳后 TWJ 无法励磁,重合闸将会发出充电满信号。一旦弹簧储能结束(或 SF6 闭锁操作继电器接点闭合),TWJ 动作,保护装置将判断为断路器位置不对应,立即起动重合闸,经延时动作使断路器再次合上,使系统再次受到短路电流的冲击,同时使断路器工作条件加速恶化,对系统造成了严重的影响。

3 分析原因,提出解决方案

经分析可知,TWJ 失磁,有两种可能:一种是断路器处于合闸状态,此时 HWJ 应动作;另一种是断路器虽处于分闸状态,但断路器的合闸回路不通,例如 SF6 低闭锁操作或合闸弹簧未储能等,此时 HWJ 也失磁,保护装置应发控制回路断线。因此,仅靠 TWJ 来判断断路器状态是不完全的。

对于以上问题,建议从两个方面解决:即断路器和保护装置。断路器方面,可将易造成重合闸误动的环节提出来,即分别扩展一对弹簧储能继电器接点和 SF6 闭锁操作继电器接点,将这两个继电器

接点并联,引至压力闭锁重合闸的开入。这样,即使断路器合闸弹簧储能(或 SF6 闭锁操作继电器接点闭合)时间再长,由于有压力闭锁重合闸的开入,重合闸装置是不会充电的,避免了永久性故障重合闸第二次动作的可能。西门子高压开关有限公司生产的 3AP1-FG 型 SF6 断路器便有此功能。

对于保护装置来说,HWJ 和 TWJ 两只继电器在正常状态下,其中一只继电器必然动作,否则“控制回路断线”信号将会发出。我们只需将 HWJ 和 TWJ 的常闭接点串联,作为闭锁重合闸的开入,使重合闸放电,以上现象即可避免。南瑞继保的 RCS-941 型保护便将“无控制回路断线”作为重合闸充电条件之一,防止了重合闸的第二次误动作。

4 结束语

自动重合闸装置的正确动作不仅提高了供电可靠性,减少了停电造成的损失,而且还提高了电力系统的暂态稳定水平,增大了高压线路的送电容量。

收稿日期:2007-01-29;

修回日期:2007-05-31

作者简介:

张 赞(1975-),女,工程师,长期从事继电保护工作;E-mail:zhy4749@163.com

张 斌(1973-),男,工程师,从事继电保护管理工作;吴祖升(1971-),男,工程师,长期从事继电保护工作。

(上接第 67 页 continued from page 67)

Northwest Electric Power Design Institute of Department of Water and Electric Power, Electric Power Engineering Design Handbook[M].Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1989.

[3] 能源部西北电力设计院.电力工程电气设计手册[M].北京:中国电力出版社,2004.

Department of Energy Northwestern Electric Power Design Institute, Electric Power Engineering Design Handbook[M].Beijing: China Electric Power Press, 2004.

[4] 华中工学院.电力系统继电保护原理与运行[M].北京:水利电力出版社,1981.

Huazhong Engineering College.Theory and Function of Electrical Power System Protective Relay[M].Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1981.

收稿日期:2007-07-09;

修回日期:2007-08-21

作者简介:

万 利(1949-),男,副教授,研究方向:继电保护、自动装置、计算机仿真。E-mail:: wanguon789@yahoo.com.cn

(上接第 71 页 continued from page 71)

[5] 廖泽友,鲍伟廉,杨奇逊,等.数字式高压线路电流纵差保护的通信技术[J].电力系统自动化,1999,23(18):25-27. LIAO Yi-you, BAO Wei-kang, YANG Qi-xun, et al. Communication Technology of Digital Current Differential Protection for High Voltage Transmission Line[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999,23(18): 25-27.

[6] 许建德,陆以群.新型数字电流差动保护装置中的数据采样同步和通信方式[J].电力系统自动化,1993,17(4):23-26.

XU Jian-de, LU Yi-qun. A New Scheme of Sampling Synchronization & Communication for Digital Current

Differential Relay[J]. Automation of Electric Power Systems, 1993, 17(4): 23-26.

收稿日期:2007-03-23;

修回日期:2007-05-30

作者简介:

刘小利(1975-),女,主要从事电力系统继电保护及安全控制的研究;E-mail: lx15961@163.com

姚宗涛(1971-),男,工程硕士,主要从事电力系统运行分析与计算及现代电网调度运行及管理的研究;

祝石厚(1982-),男,在读硕士生,主要从事电力系统谐波状态估计以及电力电子技术电力系统中的应用研究。