

惠州变电站 500 kV 变压器保护配置与运行分析

林志超

(广东省广电集团惠州供电分公司,广东 惠州 516001)

摘要: 介绍惠州变电站 500 kV 变压器保护的特点、要求及其配置情况;分析了变压器各种进口保护装置的运行性能,指出主变差动保护电流切换回路运行存在的问题,并提出了改进措施。

关键词: 变压器保护; 运行性能; 改进措施

中图分类号: TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)13-0074-04

0 引言

500 kV 惠州变电站是广东东部电网的枢纽变电站,现已投运两台 500 kV 主变压器, # 1 变压器为 SIEMENS 公司生产, # 2 变压器为 ABB 公司生产。两台变压器都是三相独立、自耦降压式变压器,三侧电压分别为 500 kV、220 kV、35 kV。变压器的继电保护装置采用 NEI - REYROLLE 公司的产品,每台分两面保护屏。由国产继电器构成辅助保护与变压器本体保护,另外组成主变接口屏。根据装置调试和运行情况分析,两套变压器保护能满足运行要求。由于保护装置是进口产品,而且 NEI 公司产品在国内应用不多,有必要对此做一些介绍与分析,以提高继电保护人员的设备调试维护水平。

1 500 kV 变压器保护的特点、要求及其配置

500kV 变压器的工作电压高,通过容量大,在电网中地位重要;若变压器故障或其继电保护误动造成主变停电将引起重大经济损失,而且主变组装、拆卸工作量大,检修时间长。这就要求变压器内部故障切除时间尽可能短,以缩小损失。500 kV 电力变压器保护应有比 220 kV 及以下变压器保护有更高的可靠性、灵敏度及速动性。惠州站主变保护按以上原则进行配置,采用以下各种保护的组合。

1.1 主保护双重化配置

为提高保护的可靠性,500 kV 变压器主保护应采用双重化配置。主保护是纵联差动保护,配置了 DUOBIAS - M 及 DUOBIAS 4C21/MHJ 两套纵差保护。

1) 差动保护必须有差电流速断功能,能检测在差动保护区内出现的大故障电流。计算表明,在变压器各侧短路最初 20 ms 内,电流互感器不会饱和,在饱和之前差电流速断部分能可靠切除故障。

2) 为提高差动保护灵敏度而设置比率制动,其

动作电流随外部穿越性短路电流增大而自动增大。在内部故障时短路电流较大,虽也有制动作用,但适当选择制动系数,可以做到在有制动情况下,也能保证灵敏度。

3) 为防止因变压器励磁涌流造成差动保护误动,保护装置需有谐波制动功能。在励磁涌流所含各种谐波中,以二次谐波为最大,取二次谐波作为制动,能获得较理想的制动效果。

主纵差保护 型号为 DUOBIAS - M,采用数字式二次谐波制动原理纵联差动保护,保护范围为主变压器内部、套管以及开关场 CT 之间一段引线的相间、接地、匝间故障,保护瞬时动作跳主变三侧开关。装设于主 I 保护屏。

主纵差保护 型号为 DUOBIAS - 4C21/MHJ,整流型机械式二次谐波制动原理纵联差动保护,装设于主 保护屏。保护范围、功能与主 纵差保护相同。

惠州变电站主变压器还采用高阻差动保护,交流回路采用套管 CT,保护范围为主变压器高、中压侧内部线圈相间、接地故障,保护有较高灵敏度,整定值可整定在额定电流 10% 以内。低定值延时报警,高定值瞬时动作跳三侧断路器。元件型号为 DAD3。装设于主 保护屏。

1.2 相间后备保护

现 500 kV 电力变压器一般是单相变压器组,配置相间保护作为变压器引线和相邻母线相间故障的后备保护。惠州站 500kV 主变相间后备保护采用距离保护,型号为 THR4PE2。500 kV 侧与 220 kV 侧各装设一套,装设于主 保护屏。由于变压器高 - 低、中 - 低侧阻抗较大,高压侧和中压侧距离保护对低压侧相间故障灵敏度不够,低压侧应装设简单的相间故障后备保护,惠州站采用的是 35 kV 侧过流保护,继电器型号为 2DABT,装设于主 保护屏。

1.3 接地后备保护

接地保护是作为变压器内部、引线、母线、线路接地故障后备保护。由于主变为自耦变压器,其高压侧与中压侧之间有电联系,并有公共接地点,当高压侧或中压侧发生单相接地故障时,零序电流可在高、中压侧之间流通。惠州站主变接地后备保护采用公共绕组零序过流保护,型号 DAC,装设于主保护屏。还有高压侧与中压侧由开关场电流互感器构成的零序电流滤过器构成的两侧零序方向电流保护,采用国产许继电气公司生产的传统电磁型电流与整流型方向继电器,装设于主变接口屏。接地后备保护在动作时限上与线路后备段配合。

1.4 过励磁保护

500 kV 变压器铁芯正常工作磁密较高,接近饱和和磁密,磁化曲线较“硬”。在过励磁时,铁芯饱和,励磁阻抗下降,励磁电流增加很快,其中含有许多高次谐波,可引起铁芯、金属构件、绝缘材料过热。若过励磁倍数较高,持续时间过长,可能使变压器损坏。500 kV 变压器应装设过励磁保护。惠州站采用 GEC-ALSTON 公司生产型号为 GTT 的继电器,短时间报警,长时间动作跳三侧断路器,装设于主保护屏。

2 各种保护装置分析

2.1 微型差动保护 DUOBIAS-M

DUBIAS-M 保护原理与通用变压器差动保护原理一致,具有差动、比率差动、二次谐波制动和无制动电流速断等保护功能。有以下特点:具有软件式中间变流器,不须另外装设中间变流器,能以软件形式修正变压器变比与接线组别;动作时间短,两倍整定差流动作时间为 26 ms,五倍无制动速断值动作时间为 15 ms;集变压器主保护与其它辅助功能于一体,还可以接入主变本体保护出口;

实时显示主变各侧负荷电流、差流,记录故障时数值;完善的自检功能。

2.2 整流型差流继电器 DUOBIAS 4C21 与电流速断 MHJ 继电器

4C21 继电器是一传统差动继电器,同样具有比率制动功能,其整定检验较简单,仅在面板上有一 Bias Slope(比率制动曲线)抽头选择,动作值根据曲线来制定,谐波制动也是确定曲线,不能调整。

由于 4C21 无差流电流速断功能,所以设计在高压侧 CT 二次每相各串入一个 MHJ 电流继电器,作为相电流速断,但其效果与差电流速断不能完全等同。由于 4C21 是传统式继电器,动作时间较慢,

一般故障切除时间在 50 ms 以上,严重故障可大于 40 ms;用硒堆整流,效率低,导致小电流下动作灵敏度也低;继电器电磁线圈较多,CT 负担也重。

2.3 高阻抗差动继电器 DAD3

DAD3 为集成电路型小电流继电器,具有动作快速,输入滤波器能有效滤除直流分量及消除谐波分量影响,CT 二次断线报警等特点。交流输入为高压侧、中压侧及公共绕组套管电流,交流回路为主保护不同。

2.4 距离保护装置 THR

THR 的作用相当于变压器方向过流,是晶体管型继电器。THR 型号 4PE2 含义:4——保护有 4 段阻抗值;P——相间故障选择功能;E——接地故障选择功能;2——分两段出口。

作为变压器后备保护,THR 有两种特性可供选择,圆形特征和变形特征。选用圆形特征,变形比为 1.0。四段阻抗保护通常只采用 1、2 段。但 1 段定值应首先确定,由于 $Z_2 = Z_1 \times H$ 、 $Z_3 = Z_1 \times K \times N$,定值单一般给出 1、2 段定值,同时要求 1 段反向偏移 10%。由 $Z_{3R} = 10\%Z_3$ 、 $Z_{3R} = 1.2 Z_1$ (Z_{3R} 为 1 段反向偏移阻抗),可得出 1 段定值为 $Z_1 = Z_{3R}/1.2 = Z_3/10\%/1.2$, 2 段 $Z_4 = Z_{1R}$,定值相同、方向相反。

虽然 1、2 段定值得以确定,但运行时并不采用 1、2 段,特别是反向的 1 段。对应装置原理图,在 Out Modul 插件中断开 L₉,即 PTT 计时回路,则 1 段不能出口。而 2 段因计时器 T₁₀无类似连触点,可将其延时置最大(9.99 s),同时由于 1 段定值小于 2 段反向偏移,且 2 段时间定值大于 1 段时间,则可避免 1 段误动。

2.5 过励磁保护继电器 GTT

GTT 用来保护主变压器在空载合闸瞬间所产生的冲击振荡。继电器利用 v/f 原理构成,即利用电压与频率比值的高低来判别是否出现过励磁,定值从 1.0 至 1.25 之间可调,以变压器厂家提供的励磁特性曲线为依据整定。输出触点有两对,第一对延时 0.5~1 s(内部可调整),作为报警输出,第二对延时 5~30 s 可调,作跳闸输出。

3 保护装置运行中的问题及改进

3.1 两套 THR 保护装置电流回路设计

原设计将进口保护放置在电流回路前端,国产保护放最后。其本意是在运行中国产保护有动作时,在主变接口屏将电流回路短接,不影响进口保护正常运行。但根据 THR 装置原理要求,内部必需

形成具有中性点(Nentral)的电流回路,用作零序电流启动用,所以交流电流回路经 THR 装置后实际无电流输出。因此应将国产保护放置在电流回路前端,进口保护放末尾。回路修改后如果国产保护动作,只能将其对应电流回路采用跨接的方法,而不能采用短接方法,否则进口保护将无法正常工作。

3.2 跳闸继电器 TR212、TR213 的使用

TR212 为瞬动触点继电器,TR213 为动作自保持继电器,另有一电动复归线圈。此类继电器为提高动作速度及可靠的断弧性能,在制造上有独到之处。动作线圈的线径较粗,匝数相应减少,励磁时电流较大,以增加线圈电动力,动作干脆可靠。且触点间隙较大,可以有效断弧。调试时须严格注意测试方法,只能以冲击电压来测试动作可靠性,(厂家规定为 50 %额定电压),决不能以逐渐升压方法来测其动作电压值。因为当通电时间稍长就会引致线圈过热,超过 30 ms 就能烧坏线圈。

TR213 继电器在构造上类似国产电动复归掉牌信号继电器,但其动作速度、触点容量则完全是按跳闸继电器要求而设计,是专为永久性故障而设置的跳闸出口继电器。

3.3 主变差动保护 CT 切换回路运行存在的问题

500 kV 惠州站的 220 kV 电气接线采用双母线带旁路形式。在 220 kV 旁路开关带主变变中开关运行时,为避免出现差动保护范围缩小,主变差动保护中压侧电流回路取旁路开关 CT 回路。如 # 1 主变开入差动保护电流回路切换采用自动切换形式,随变中开关出线侧刀闸 22014 与旁路母线侧刀闸 22013 自动切换,见图 1。# 2 主变保护与此类似。但当 500 kV 主变差动保护 CT 自动切换回路失去直流电源时,其启动继电器 3 YQJ_{(A)、(B)}、4 YQJ_{(A)、(B)}失磁,触点返回,迫使多个 CT 切换继电器(双位置继电器,95C - 1A、B、C、D)返回,见图 2。其后果将造成运行中变压器差动保护的 220 kV 侧电流被短接,使主变差动保护失去一侧电流而误动跳闸。按惠州站主变差动保护原设计,CT 自动切换启动回路电源并接于主变间隔刀闸位置指示器电源(9RD,10RD),而刀闸位置指示器电源涉及的回路较多,容易引起短路造成 9RD、10RD 熔断,致使 CT 自动切换启动回路失去电源。主变保护在运行时曾发生过 # 2 主变纵差保护动作出口跳主变三侧的事故,由于当时 # 2 主变中压侧 CT 切换启动控制正电源保险 9RD 烧断,致使电流切换中间继电器 3 YQJ_(A)、3 YQJ_(B)失磁,继电器返回,纵差保护中压

侧电流消失,纵差保护动作出口跳主变三侧。为此,必须将差动保护 CT 自动切换回路电源改造成独立保险供电,以满足主变保护的可靠性要求。

改造后 CT 自动切换回路需满足:保证其 CT 自动切换功能不变;当 CT 自动切换回路失去电源时,不会引起差动保护误动;当 CT 自动切换回路失去电源时,应有告警信号。

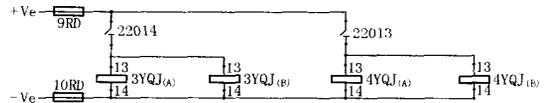


图 1 差动保护 CT 切换启动回路及电源

Fig. 1 CT s switching start up circuits and DC supply for differential protection

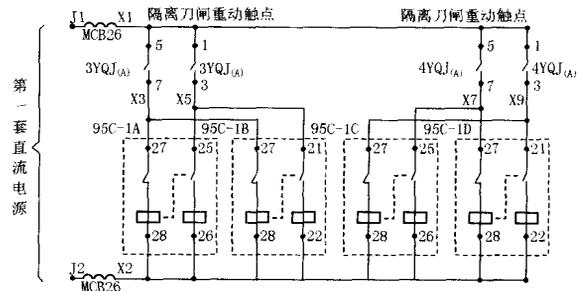


图 2 第一套差动保护 CT 切换回路及电源

Fig. 2 CT s switching circuits and DC supply for the first set of differential protection

3.4 CT 自动切换回路改造的实施及新问题的处理

1) 将 CT 自动切换启动回路 3 YQJ_{(A)、(B)}、4 YQJ_{(A)、(B)}从刀闸位置指示器电源(9RD、10RD)中分离出来,独立接于控制电源小母线 2KM 上,使用专用的保险 11RD、12RD,称为主变差动保护 CT 切换电源,见图 3。

2) 将原接于第一套差动保护电源的“主差动保护 CT 切换回路”(95C - 1A、95C - 1B、95C - 1C、95C - 1D)改接到 11RD、12RD 上;即当 3 YQJ_{(A)、(B)}、4 YQJ_{(A)、(B)}因 11RD、12RD 保险熔断失电时,CT 切换继电器 95C - 1 同时失电,由于 95C - 1 是双位置继电器,失电后自保持在原来状态不切换,保证 CT 切换回路的正确性。

3) 在主变差动保护 CT 切换电源 11RD、12RD 失电后复电操作时,CT 切换回路还是存在有瞬间误切换的可能。因为 11RD、12RD 失去电源后,95C - 1 虽机械自保持,但 3 YQJ_{(A)、(B)}、4 YQJ_{(A)、(B)}失磁,其触点接通了 95C - 1 的返回线圈。当装入保险 11RD、12RD 时,95C - 1 将有可能比 3 YQJ_{(A)、(B)};4 YQJ_{(A)、(B)}动作快而瞬间

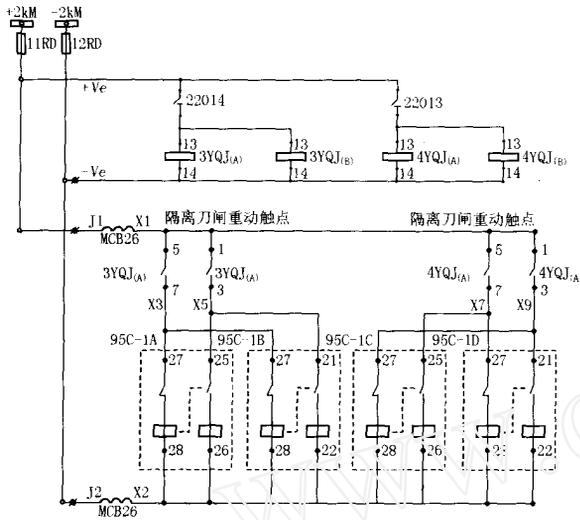


图3 改造后的差动保护电流切换中间继电器回路

Fig. 3 Rebuilt differential protection current switching repeat relay circuits

返回,将差动保护中压侧电流回路瞬时短接,随后 3 YQJ_(A)、(B)、4 YQJ_(A)、(B) 动作才将 95C-1 励磁使回路恢复正常。由于 CT 切换回路在失电复电操作过程中出现继电器 YQJ 与 95C-1“触点竞赛”,有可能引起保护误动作。因此在 11RD、12RD 熔断后,装入保险前,应先人工断开 CT 回路切换直流空气开关 MCB26,保证 95C-1 不能动作,然后才给上 11RD、12RD 保险,使 3 YQJ_(A)、(B)、4 YQJ_(A)、(B) 恢复正常状态,最后才给上 MCB26 开关。按此操作直流电源,才能确保差动保护安全运行。主变第二套差动保护电源的“主差动保护 CT 切换回路”(95C-2A、95C-2B、95C-2C、95C-2D)

也改接到 11RD、12RD 上,其问题处理与主变第一套差动保护相同。

4) 在“主变差动保护 CT 切换电源”回路上,装设一个中间继电器,用于监视“主变差动保护 CT 切换电源”,在电源消失时发告警信号。

4 结语

本文对惠州变电站 500 kV 变压器继电保护的配置、装置的原理及运行作了介绍与分析。主变保护既有国产设备又有进口设备。NEI 公司主变保护所用继电器形式多样,从电磁型、整流型、晶体管型、集成电路型到微机型都有,性能也较复杂。只有深入了解保护装置性能,熟悉保护原理,才能做好设备调试、维护工作。

参考文献:

- [1] 王维俭(WANG Wei-jian). 电力系统继电保护基本原理(Basic Principle of Protective Relaying in Electric Power Systems) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press).
- [2] 贺家李,宋从矩(HE Jia-li, SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(第三版)(Principle of Protective Relaying in Electric Power Systems, Third Edition) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1994.

收稿日期: 2004-03-08; 修回日期: 2004-04-08

作者简介:

林志超(1972-),男,硕士,工程师,长期从事继电保护研究与运行维护工作。E-mail: lzchz@21cn.com

Allocation and operation analysis of 500 kV transformer protection in Huizhou substation

LIN Zhichao

(Huizhou Power Supply Branch, SVA, Huizhou 516001, China)

Abstract: The characteristic, demand and allocation of 500 kV transformer protection in Huizhou substation are introduced. Performances of each imported protection device of transformer are analyzed. Operation problems of the transformer differential protection current switching circuit are proposed, and the improved measures are also put forward.

Key words: transformer protection; operation performance; improved measure

(上接第 34 页 continued from page 34)

Simulation of a HVDC system based on MATLAB

YU Fei¹, ZHONG Qir-hai¹, ZHANG Wang³, LIU Xi-mei³, ZHANG Jia-qi³

(1. Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China;

3. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: A simulation model of HVDC system in the Simulink environment is proposed. On this basis, the paper performs the system dynamic simulation and analyzes several kinds of faults. The results of simulation are the same as that of the real system. All this work has done great contribution to the further identification, controlling and fault diagnosis for HVDC system.

Key words: HVDC; MATLAB software package; Simulink; power system blockset; simulation