

220 kV 主变压器高压侧断路器失灵保护的若干问题分析

贺春¹, 李鑫²

(1. 天津高压供电公司, 天津 300250; 2. 天津职业大学, 天津 300402)

摘要: 从变压器启动失灵保护的特点出发, 主要对 220 kV 主变压器高压侧断路器启动失灵保护回路、失灵保护跳主变断路器回路、电流元件相关外敷 CT 位置选择及主变代路时存在的问题进行了详细分析。在此基础上给出了能够适应主变压器代路方式的一种解决方案。

关键词: 变压器; 失灵保护; 代路

Analysis of some problems on 220 kV circuit breaker failure protection of main transformer high-voltage side

HE Chun¹, LI Xin²

(1. Tianjin High Voltage Power Supply Company, Tianjin 300250, China; 2. Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300402, China)

Abstract: In this paper, the characteristics of transformer breaker failure protection are discussed first. Based on it, a perfect solving scheme is detailedly presented which includes the start-up circuits, the lockout release circuits, and the tripping circuits about both main transformer and bypassing transformer. By the way, the use of CT to transformer including bushing CT and external CT is analyzed in different locations in the vicinity of the short-circuit fault.

Key words: transformer; circuit breaker failure protection; bypassing

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)01-0102-05

0 引言

失灵保护是电网的重要保护, 在 220 kV 及以上电压等级电网中, 按照近后备的保护配置原则, 根据 GB14285-93《继电保护和安全自动装置技术规程》的要求, 均配置了失灵保护。

根据《母线及失灵保护改进要点》的要求, “断路器失灵保护启动回路应由能瞬时复归的保护出口继电器触点, 再加上能快速返回的相电流判别元件。不允许用手动跳闸继电器和断路器位置继电器来代替上述元件”, “对于变压器保护启动断路器失灵问题, 可根据各地区实际情况, 采用: 不起动失灵; 起动失灵但其中瓦斯保护出口单独分出来不起动失灵等不同处理办法。变压器保护启动失灵回路也必须设有相电流判别元件”。过去由于主变保护中电气量保护与非电量保护出口未分开, 基于主变非电量保护动作触点在断路器业已跳开的情况下不能及时返回, 故主变一般是不启动失灵保护的。目前, 主变 220 kV 侧断路器、220 kV 旁路断路器多为分相断路器, 具有单相失灵的可能性。另一方面微机型变压器保护其差动、后备保护出口业已同非电量保护出口分开, 这为主变启动失灵保护创造了条件。

实际上, 现在保护装置、继电器等制造技术的发展, 其固有安全性已有了很大提高, 就更应该考虑让变压器保护起失灵保护。考虑到双母线带旁路主接线方式下, 要考虑代路问题主变保护启动失灵回路较其他主接线方式时要复杂一些, 故本文主要针对 220 kV 双母带旁路主接线方式下主变保护启动失灵回路中的相关问题。

1 主变启动失灵保护特点及解决方案

目前, 主变压器保护按双重化微机型保护配置。一般第一套保护柜含主变保护 I+高压侧操作箱; 第二套保护柜含主变保护 II+中低压侧操作箱; 第三套保护柜含非电量、非全相及失灵启动装置。变压器保护启动失灵保护除满足失灵保护一般性要求外, 微机型变压器失灵保护回路必须考虑如下几点:

1) 早期的失灵保护装置启动判据是“断路器保护动作”和“相电流”组成的“与逻辑”。失灵电流判别装置灵敏度要求为主变低压侧故障时高压侧断路器失灵电流判别元件灵敏度不低于 2, 电流控制元件的整定值一般应大于负荷电流, 如果不能躲过负荷电流, 则应满足灵敏度的要求。变压器正常运行时可能负荷电流较大, 失灵保护定值为满足灵

敏度要求,其电流启动元件正常时就有可处于动作状态。为避免电流触点粘连造成失灵保护误动作,故在变压器启动失灵直流回路中应考虑相应的防误动措施。

2) 考虑到变压器非电量保护不能快速返回,要求变压器非电量保护跳高压侧断路器时不启动失灵保护。

3) 若变压器中、低压侧系统有小电源,则需要考虑 220 kV 母差或失灵保护跳变压器高压侧断路器,而断路器失灵或死区故障时,需要失灵保护远跳变压器中、低压侧断路器。

4) 根据《二十五项重点要求》中“防止发电机非全相运行。发电机变压器组的主断路器出现非全相运行时,其相关保护应及时启动断路器失灵保护”的要求,除发变组考虑变压器主断路器启动失灵外,其他变压器主断路器非全相不启动失灵保护。需要考虑变压器主断路器非全相跳闸问题。

5) 对于双母线带旁路接线形式,还应当考虑主变压器代路时启动失灵回路能做相应的切换。同时,代路时还需要考虑旁路断路器的非全相跳闸问题。

6) 需要解决变压器低压侧故障时,220 kV 侧母线电压低不下来的问题,即失灵保护在主断路器失灵时的复压开放问题。

具体解决方案为:只要求 220 kV 侧快速返回的电气量保护可以启动失灵保护,非电量保护不启动失灵保护,非电量保护与电气量保护出口分开;启动失灵保护采用保护动作+电流判别+断路器合闸位置串联的方式,或其它方式如后文 3.1 方式,保证断路器在确有失灵情况发生时启动失灵保护;保护启动后首先发解除电压闭锁信号,以此解决变压器低压侧故障高压侧断路器失灵时,220 kV 侧母线电压低不下来的问题,然后经延时跳闸;失灵保护电流判别元件取高压侧外敷 CT 的相电流或零序/负序电流;旁路代路运行时,将旁路 CT 接入变压器保护中,利用旁路断路器位置及旁路断路器失灵判别装置启动失灵。因此,关于变压器启动失灵逻辑回路,可由框图 1 示意。

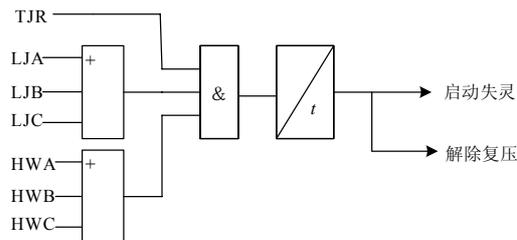


图 1 主变启动失灵保护逻辑框图

Fig.1 Logic diagram of the protection when transformer starts circuit breaker failure protection

2 电流判别元件相关 CT 的选择^[1]

系统主接线见图 2。目前运行的变压器启动失灵回路电流元件所选 CT 有的是用 1LH (主变高压侧受总外敷 CT),有的是用 3LH (主变高压侧套管 CT)。实际上,只要分析一下不难看出:后者有运行隐患,必须更正。

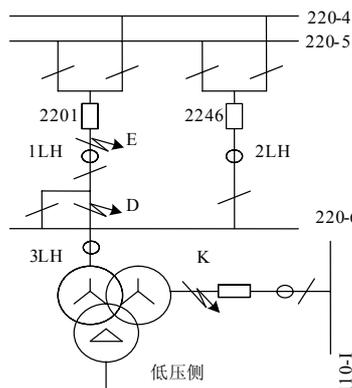


图 2 某 220 kV 变电站主变压器系统接线图

Fig.2 Primary scheme of a power station

假设 1LH 到 3LH 之间引线的 D 点处发生故障,保护动作,跳各侧断路器,当中低压侧断路器跳闸成功,而高压侧断路器拒动,此时断路器失灵启动相电流元件因为用 3LH,有失灵保护有可能拒绝动作。因为,只有在本变压器中性点接地运行, D 点发生接地故障的情况下,失灵启动相电流元件可能不会拒动,其他情况都将因高压侧套管电流互感器 3LH 无故障电流,失灵启动相电流元件拒动造成失灵保护拒动。如果失灵启动相电流元件用 1LH,则因为 1LH 有故障电流通过,能保证失灵启动回路正确启动,从而失灵保护可以正确动作。显然变压器启动失灵相电流元件用 3LH 会形成变压器引线段的失灵保护死区。由上述分析可见,变压器启动失灵相电流元件只能是用 1LH,这个观点是显见的。

3 考虑代路变压器启动失灵相关回路的设计

3.1 正常运行时启动回路及解除复压回路

一般为避免电流触点粘连造成失灵保护误动作,故在变压器启动失灵直流回路中应考虑防止误动作措施,如 CSC-122 串入断路器位置触点或如图 3 所示 PST-1200 系列利用保护柜 I、II 动作触点开入给保护柜 III 启动失灵装置,启动失灵装置经电流判断后开出一副触点,该触点再串联保护柜 I、II 出口继电器另外的触点完成启动失灵如图 4。主变启动失灵装置第一时间解除失灵保护复压闭锁回路

如图 5 所示。

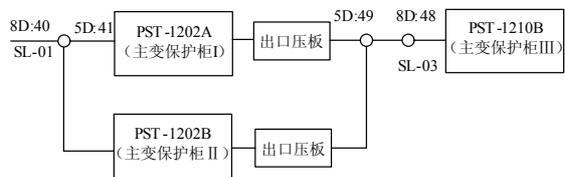


图 3 主变保护动作触点开入主变启动失灵装置

Fig.3 Diagram for main transformer protection inputting to start-up unit

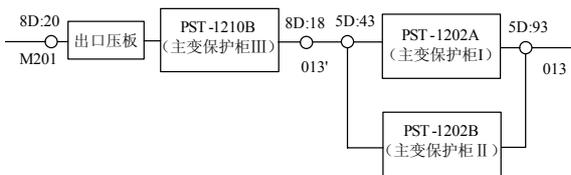


图 4 主变保护启动失灵回路

Fig.4 Start-up circuit of BFP when main transformer protection starts it

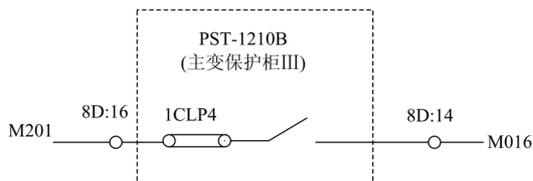


图 5 主变保护启动失灵回路解除复压回路

Fig.5 Circuit to release the complex-voltage-blocking

3.2 跳闸回路

首先，考虑到变压器受总断路器多为三相联动断路器或非全相保护由机构自身实现，如断路器机构自身不能实现，需要断路器保护来实现非全相保护则需将非全相出口独立出来，为此操作箱应具备非全相专设跳闸回路，或经 STJ 跳闸，回路编号由 R33 改为 F33，该回路不启动失灵保护。

其次，考虑到高压侧系统故障，变压器后备保护（如零序保护）跳高压侧断路器，而高压侧断路器失灵，失灵保护应远跳闸变压器中低压侧断路器，才能将故障隔离。所以一旦变压器启动失灵，则要求失灵保护同时跳主变三侧。为此在不增加失灵保护出口数量的前提下，可以将失灵保护跳主变回路接至变压器非电量启动回路中，如图 6 所示。将继电器出口定义为跳主变各侧断路器。失灵保护根据《反措》要求应跳断路器双跳圈，当失灵保护与母差保护共用出口时，此时母差保护也经非电量出口跳闸。现在的情况是，220 kV 母差或失灵保护跳变压器受总时都只跳高压侧断路器，中低压侧断路器由分段或母联断路器自投装置实现跳闸。那么，当中低压侧并列运行时，中低压侧只能依靠有灵敏度

的后备保护跳闸。如果母差跳变压器接至非电量跳闸启动回路，这样当图 2 所示 E 点发生死区故障，母差动作可以加速跳主变其他侧断路器，这是失灵保护经非电量跳闸的又一利好。以 RCS-915 为例，失灵保护跳主变回路如图 6 所示。

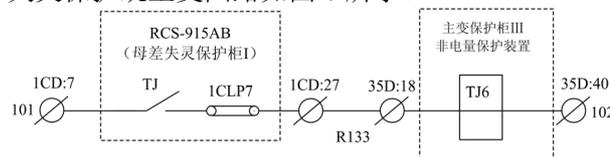


图 6 失灵保护跳主变回路

Fig.6 Circuit for BFP to trip main transformer breaker

3.3 旁路代路回路设计方案

关于旁路代主变断路器启动失灵保护的相关问题已有不少文献加以讨论，其中文献[2]的观点较为普遍。文献[2]认为可以直接将主变压器启动失灵装置投入运行而退出旁路断路器启动失灵装置，将旁路断路器位置经切换手把切换至变压器启动失灵装置，该方案最大的问题是不能识别旁路断路器一次运行位置，不能自动识别旁路断路器具体接在哪条母线上，因而没有解决启动那条母线失灵。如果利用增加变压器保护盘“旁路隔离开关方式识别压板”操作电压切换回路，对于电磁式如 RADSS 形式失灵保护可以完成启动失灵及失灵跳闸(当然失灵跳闸仍需要串接该电压切换触点)。如果是微机母差失灵保护，由于母差保护自身具备接入间隔的隔离开关运行位置触点，不再利用各间隔切换继电器完成运行方式识别，所以文献[2]所述方法需要将失灵保护盘上主变压器间隔隔离开关位置与旁路间隔隔离开关位置强制一致，增加了运行人员操作环节，容易引起误操作。

考虑到变压器即使在代路时其相关非电量失灵启动装置也需要投入运行，笔者认为一可行方案为由旁路断路器启动失灵装置判断旁路断路器是否失灵并完成相应启动失灵工作，由变压器启动失灵装置完成解除失灵保护复合电压闭锁功能更为合适。具体来说，对于具有代路可能的主变压器断路器其启动失灵方案为：

- 1) 旁路代路运行时，旁路断路器、变压器断路器启动失灵装置同时投入；
- 2) 将旁路 CT 接入变压器保护中，如图 7，数字式变压器保护各 CT 二次在开关场接地；
- 3) 用变压器启动失灵装置第一时限完成解除复压，如图 5 所示。
- 4) 将旁路断路器位置接入旁路断路器启动失灵装置中；

5)用旁路断路器启动失灵电流判别触点串接旁路断路器操作箱 TJR 触点及旁路断路器位置触点启动失灵保护;

时增加一回路, 由旁路断路器操作箱不启动失灵的跳闸继电器或者 STJ 完成。整个主变保护跳旁路回路如图 8 所示。

6) 增加主变非电量跳旁路回路, 非电量跳旁路

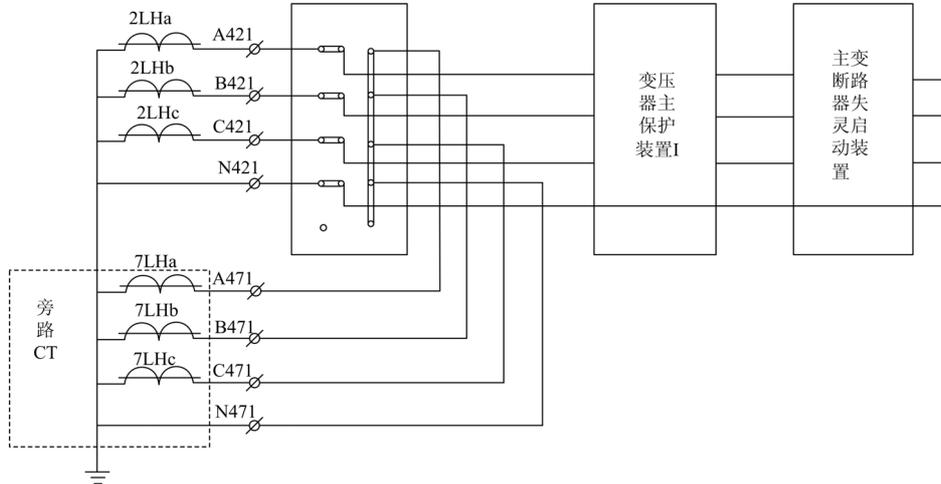


图 7 主变压器保护电流回路

Fig.7 Current circuits of main transformer protection

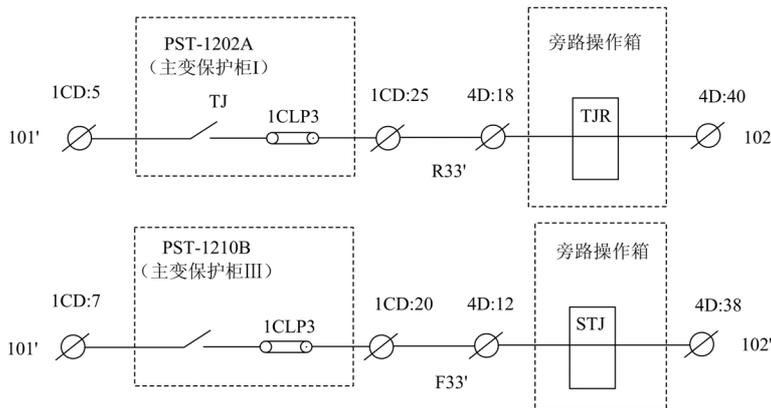


图 8 主变压器保护跳旁路断路器回路

Fig.8 Circuit for main transformer protection to trip bypassing breaker

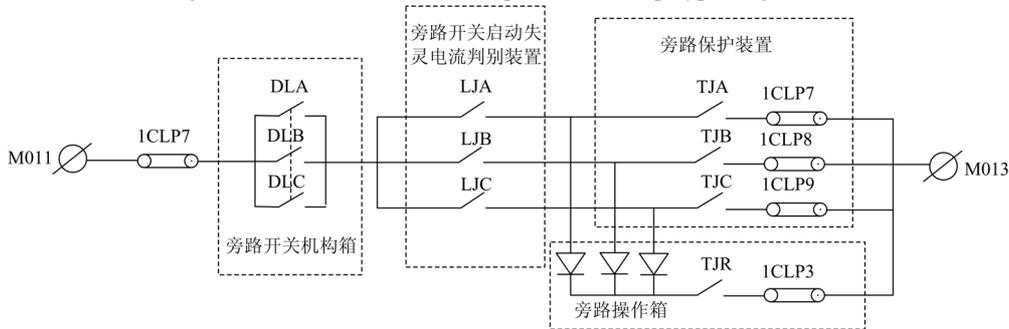


图 9 旁路断路器启动失灵回路

Fig.9 Start-up circuit of bypassing breaker

7) 旁路断路器非全相保护宜由操作机构实现, 如果机构不能实现, 非全相跳闸应接入操作箱内不启动失灵的跳闸继电器或者 STJ。

上述方案的特点是概念清晰, 只有主变压器启动失灵时去解除失灵保护复压闭锁功能, 任何断路器失灵都由自身保护启动失灵, 符合失灵保护按断

路器配置原则；无需人工干预旁路间隔隔离开关位置，适应于各种形式的失灵保护装置；按照（5）配置旁路断路器启动失灵回路如图 9 所示，代线路时利用旁路保护出口触点启动失灵，代主变时利用 TJR 触点启动失灵（本质上就是利用了变压器电气量保护动作触点）。尽管在旁路断路器带线路断路器时增加了断路器位置的控制环节，但是考虑到回路可靠性及失灵保护时间的要求，如此设计带来的影响微乎其微，却可以彻底完善旁路启动失灵回路。

4 结论

通过上面论述，可以看出当前在 220 kV 主变高压侧断路器启动失灵方面存在一定分歧，文中给出了变压器正常运行时及旁路代路运行时主变启动失灵的解决方案。该方案符合国家相关设计、运行规程及国家电网反措要求。由于断路器启动失灵按断路器运行与否进行投退，概念清晰，便于运行人员防止操作。并且主变代路时，对主变保护柜 III 上解除复压闭锁压板无需操作，减少了运行人员操作项目。该方案已在 T 市多个 220 kV 变电站主变启动失灵改造工程中加以应用，运行结果完全符合设计要求。

另外旁路启动失灵装置可以设计成引入三相断路器位置，由控制字选择启动失灵经断路器合位或断路器非全相闭锁，或选择不经闭锁，以灵活形式

适应各种代路条件下启动失灵回路的运行要求。当然如果一次接线可以选择为双母分段等无旁路母线方式，则在变压器启动失灵中就可不考虑变压器代路问题，简化了二次接线。

参考文献

[1] 叶文德. 主变保护启动失灵电流回路的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36 (17): 7-9.
YE Wen-de. Discussion on the Main Transformer Protection Starting the Failure of Current Circuit[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36 (17): 7-9.

[2] 是晨光, 陈晓强, 胡建音. 主变压器 220kV 断路器失灵保护的探讨[J]. 电网技术, 2006, 30 (10): 467-470.
SHI Chen-guang, CHEN Xiao-qiang, HU Jian-yin. Investigation of the Transformer 220kV Circuit Breaker Failure Protection[J]. Power System Technology, 2006, 30 (10): 467-470.

[3] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.

收稿日期: 2009-01-08; 修回日期: 2009-03-01

作者简介:

贺春(1976-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统继电保护设备安装调试及运行维护工作。E-mail: hechun01@163.com

(上接第 101 页 continued from page 101)

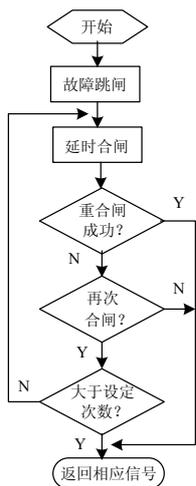


图 4 软件系统框图

Fig.4 Block diagram of software system

4 结语

用单片机实现的智能型自动重合闸装置克服了传统电磁型重合闸装置动作级数多、接线复杂等诸

弊端，具有智能化、网络化、自动化的特点，可大大提高系统的控制能力和灵活性。经试验，本方案性能稳定，工作可靠，可用于工矿企业变、配电所的控制。本产品目前已准备批量生产。

参考文献

[1] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.

[2] 朱美玲, 颜景平. 机电工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.

[3] 张明勋. 电力电子设备设计和应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

[4] 国电调度中心. 继电保护规程汇编(第 2 版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

收稿日期: 2009-01-08; 修回日期: 2009-02-09

作者简介:

王飞(1977-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为电力电子与电力拖动、电器智能化技术; E-mail: qdwl11@163.com

吴茂(1968-), 男, 本科, 高级实验师, 研究方向为电器智能化技术。