

500 kV 启动 / 备用变压器继电保护探讨

黄生睿, 韩 玮

(中南电力设计院, 湖北 武汉 430071)

摘要: 随着我国电力事业发展, 大容量坑口电厂和超高压远距离输电项目日益增多, 为解决厂网分开后启动 / 备用变压器容量 (基本) 电费和启动 / 备用电源与厂用工作电源相角差问题, 近几年来火力发电厂的启动 / 备用电源由厂内 500 kV 配电装置直接一级降压的项目越来越多, 由于该回路额定工作电流极小而短路电流大, 给启动 / 备用变压器保护整定以及电流互感器的选择带来了困难, 通过对目前保护配置中存在的问题进行分析, 提出了 500 kV 一级降压启动 / 备用变压器保护配置的解决方案。

关键词: 500 kV 启动 / 备用变压器; 继电保护; 配置

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897 (2006) 15-0077-03

0 引言

随着大容量及远离电网的大型坑口电厂建设项目的日益增多和长距离输电的要求, 发电厂一般仅采用 500 kV 一级升高电压向系统供电。为满足技术经济的要求, 部分发电厂的启动 / 备用电源选择了从厂内 500 kV 配电装置采用一级降压或二级降压的引接方式, 由于该回路额定工作电流小而短路电流大, 给电流互感器选择和保护配置带来了困难, 本文将根据工程实际, 对 500 kV 启动 / 备用变压器 (以下简称起备变) 的保护配置提出解决方案。

1 起备变电源的引接方式

按文献 [1] 规定, 高压厂用备用或启动 / 备用电源可采用下列引接方式: “当无发电机电压母线时, 由高压母线中电源可靠的最低一级电压母线或联络变压器的第三 (低压) 绕组引接, 并应保证在全厂停电的情况下, 能从外部电力系统取得足够的电源……”; “当技术经济合理时, 可由外部电网引接专用线路供电”。对于厂内仅有 500 kV 一级升高电压的发电厂, 当启动 / 备用电源由外部电网引接技术经济性较差时, 采用厂内引接一般有一级降压和二级降压两种方案。所谓一级降压即通过一台起备变将 500 kV 电压一次降为厂用电系统需要的 6 kV 或 10 kV; 二级降压则是先通过一台降压变压器将 500 kV 电压降为 110 kV, 然后再由 110 kV 起备变将电压降为 6 kV 或 10 kV。由于二级降压的变压器之间不装设电流互感器和断路器, 保护配置时一般将二台变压器看作一台变压器对待, 故本文仅按一

台一级降压分裂变压器讨论起备变的保护配置问题。

2 一级降压起备变主接线及保护配置

对于采用 500 kV 升高电压的发电厂, 起备变有多种方式接入 500 kV 系统, 对于主接线采用一个半断路器接线方式的发电厂, 起备变主要有图 1 和图 2 两种接线方式。

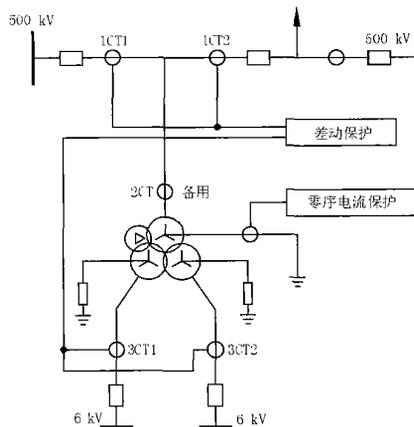


图 1 起备变接入一个半接线串中

Fig 1 Transformer protection scheme for 3/2 network

图 1 为起备变进串, 根据系统要求, 出线分有隔离开关或无隔离开关二种接线方式, 本图按出线无隔离开关表示, 当有隔离开关时, 需增加隔离开关断开运行时的短引线保护。

图 2 为起备变接 500 kV 母线, 起备变高压侧装设断路器, 本图也适用于主接线采用双母线接线的发电厂, 对于一个半断路器接线方式, 也有工程采用

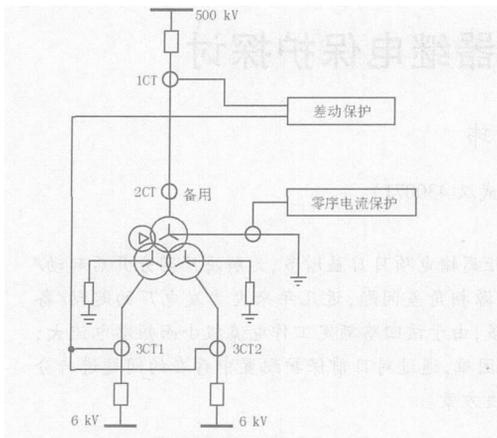


图 2 起备变接入 500 kV 母线

Fig 2 Transformer protection scheme for 500 kV busbar network

隔离开关代替断路器以节省投资,但保护配置相同。

3 目前常用的保护配置存在的问题

按文献 [3] 规定,起备变主要装设有纵差保护、高压侧复合电压过流保护、中性点零序电流保护、以及低压分支零序过流、复合电压过流和限时速断保护以及变压器本体的非电量保护(如瓦斯、温度等)等。本文仅对起备变的纵差保护和高压侧零序电流保护存在的问题进行分析,故图 1 和图 2 仅表示上述二种保护的配置,并按单套示意。该保护配置存在的主要问题有:

1) 差动保护整定困难:从图 1 和图 2 可以看出,差动保护范围包括了起备变本体及高、低压侧的引线。为满足 500 kV 侧动、热稳定及穿越功率要求,1CT 的变比一般都大于 1 250/1 A,而起备变额定电流大约为 61 A,按文献 [2] 计算差动保护整定的最小动作电流 ($I_{op.min}$) 和起始制动电流 ($I_{res.0}$) 分别为:

$$I_{op.min} = K_{rel}(K_{er} + U + m) I_N / n_a = 1.5 \times (0.02 + 8 \times 1.25\% + 0.05) \times 61 / 1250 = 0.01 \text{ (A)}$$

$$I_{res.0} = (0.8 \sim 1.0) I_N / n_a = 0.039 \sim 0.049 \text{ (A)}$$

式中: I_N 为变压器额定电流, n_a 为电流互感器变比, K_{rel} 为可靠系数, K_{er} 为电流互感器的比误差, U 为变压器调压误差, m 为电流互感器变比未完全匹配产生的误差。

即使采用电流互感器 600/1 A 中间抽头,差动保护最小动作电流 0.02 A 也远小于保护装置的最小整定电流 0.1 ~ 0.05 A,造成差动保护无法整定,如按保护装置的最小整定电流整定,不但会降低保

护装置的抗干扰能力,而且也会牺牲差动保护动作的灵敏度。

2) 高压侧零序电流保护构成复杂且灵敏度低:按照文献 [3] 要求,变压器中性点零序保护一般由二段构成。I 段电流定值应与相邻线路的零序 I 段或 II 段或快速主保护相配合,并按系统配合要求的延时断开变压器; II 段电流定值应与相邻线路的零序电流后备段配合,且动作时限应躲过线路零序电流后备段的动作时间。该配置造成零序保护整定繁琐,而且保护整定时间长,增加了变压器内部接地故障的切除时间。根据起备变零序阻抗远大于系统的零序阻抗的特点,也有一些工程将零序电流保护接于变压器高压侧套管或引线电流互感器构成的零序电流过滤器上,当起备变内部发生接地故障时,流过保护的电流为系统的零序电流,可提高保护动作的灵敏度,保护按躲过高压母线接地故障零序电流整定,动作时间可以不考虑与其它元件后备保护配合,但在系统某些特殊运行方式下灵敏度较难满足要求。

4 起备变保护配置改进方案

对于差动保护整定困难的问题,可以从电流互感器的选择和保护配置的改变两方面加以解决。如对图 1 接线,可以选择具有电流扩大特性的电流互感器与二次抽头相结合的方式减小电流互感器的实际变比;对图 2 接线,可以选择小变比、高饱和倍数(如 5P80 甚至 5P100)的电流互感器以提高正常运行时的二次电流,即通过改变电流互感器的参数来提高差动保护的整定值,但具体工程中因电流互感器的制造和安装的原因实施难度较大。另外一种方式是改变差动保护配置方式,即将原配置的全范围的变压器差动改为起备变差动和高压引线差动,一个半断路器接线保护配置见图 3,起备变差动保护改用变压器高压侧套管电流互感器,采用该配置方案后,500 kV 电流互感器 1CT 能按常规选择,变压器套管电流互感器 2CT 可按变压器额定电流选择并满足动、热稳定要求即可。该配置方案能解决变压器差动保护整定困难的问题,但由于 500 kV 引线差动两侧电流互感器特性和参数不一致,保护应按躲过变压器合闸时的涌流和低压侧母线短路时的最大不平衡电流整定。

对于安装于变压器中性点零序保护整定复杂的问题,考虑起备变属于负载性质的单侧电源降压变压器,高压侧零序保护不同于系统中其它变压器,起

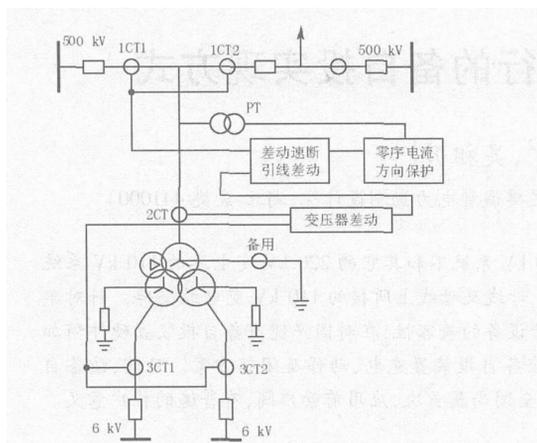


图 3 改进后的保护配置

Fig 3 Improved protection scheme for transformer

备变的零序保护仅作为变压器及其引线的接地故障保护,不需要作为相邻元件接地故障的后备,根据其零序阻抗远大于系统的零序阻抗的特点,高压侧零序保护有两种改进方式。

一种方式是采用零序电流方向保护,即在高压侧引线电流互感器上装设零序电流方向保护,使高压母线接地故障不动作,保护仅考虑变压器引线及内部的接地故障,整定值较低,一般能满足选择性和灵敏性要求。为提高高压绕组靠近中性点部分接地故障的灵敏度,中性点零序电流保护可以增加高压侧零序方向判据,使中性点零序电流保护仅在区内故障时动作,保护整定不需要与相邻元件的零序保护配合,保护配置见图 3。零序电流、电压建议采用保护装置自产零序电流,以便零序方向的测量与整定。

另一种方式是采用零序差动保护。考虑起备变已装设了双重化纵联差动保护,纵联差动保护对高压套管及引线的单相接地故障有足够的灵敏度,为简化电流互感器匹配问题,提高保护灵敏度,零差保护的电流互感器采用变压器套管电流互感器,保护范围仅包含变压器本体,保护配置见图 4。由于零序差动保护整定不需要与外部保护配合,能大大缩短保护动作时间,提高保护动作灵敏度。

5 结论

500 kV 起备变主保护采用引线差动和变压器差动相结合的配置方式,电流互感器可按常规配置,对于高压引线到变压器高压套管接线端子部分的故障,由引线差动保护切除故障;对于变压器内部故障,当在靠近高压套管发生严重短路故障时,利用变压器套管电流互感器的饱和特性,由差动速断和引

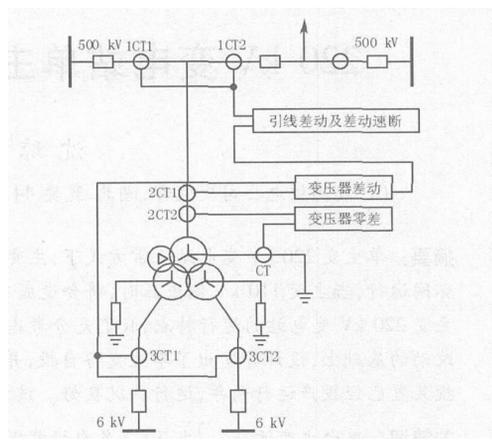


图 4 零序差动保护配置

Fig 4 Zero-sequence differential protection scheme

线差动的不平衡电流动作切除故障;当故障点离开高压套管较远或短路电流较小时,由于套管电流互感器不饱和,则由变压器差保护动作切除故障。

起备变高压绕组的零序保护不同于其它变压器的零序保护,其零序保护仅作为起备变高压绕组、套管和进线的接地故障保护。由于装设于中性点的零序电流保护灵敏度低且需考虑与其它元件的零序保护配合而动作时限长,建议采用接于起备变高压侧电流互感器的零序方向电流保护,也可以采用零序差动保护以简化接线。对于其它电压等级中性点直接接地运行的起备变用变压器,为满足保护的选择性、灵敏性和速动性要求,其零序保护也可以参照此方式进行配置。

参考文献:

- [1] DL 5000-2000 火力发电厂设计技术规程 [M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
DL 5000-2000 Technical Code for Designing Fossil Fuel Power Plants[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [2] DL/T 684-1999 大型发电机变压器继电保护整定计算导则 [M]. 北京:中国电力出版社, 2000.
DL/T 684-1999 Guide of Calculating of Relay Protection Large Generator and Transformer[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [3] GB 14285-1993 继电保护和安全自动装置技术规程 [M]. 北京:水利电力出版社, 1993.
GB 14285-1993 Technical Code for Relay Protection and Security Automatic Device [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1993.

(下转第 82 页 continued on page 82)

到最低限度,相信装置的投运,将为单主变电网的供电可靠性提供保障。据生产厂家介绍,这种原理的备用投装置在全国还属首次设计,其应用前景将十分广阔。

参考文献:

- [1] 丁书文,黄训诚,胡启宙. 变电站综合自动化原理及运用 [M]. 北京:中国电力出版社,2003.
DING Shu-wen, HUANG Xun-cheng, HU Qi-zhou Principle and Application of Substation Integrated Automation [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 何雄,宋会平. 备用电源自动化投入装置在荆州成网的运用 [J]. 湖北电力, 2005, 29(2): 10-12.
HE Xiong, SONG Hui-ping Operation of Automatic Standby Power Supply Switch-in Equipment in Jingzhou

Urban Grid[J]. Hubei Electric Power, 2005, 29(2): 10-12

- [3] 贾向恩. 微机备用投装置应用中相关问题的分析与探讨 [J]. 继电器, 2004, 32(14): 70-73.
JA Xiang-en Analysis of the Related Problems in the Application of a Microprocessor Based Reserved Auto-switch-on Device[J]. Relay, 2004, 32(14): 70-73.

收稿日期: 2006-02-14

作者简介:

沈琼(1974-),女,工程师,主要从事继电保护专业的管理工作,在职攻读电力系统自动化工程硕士。Email: shenqiong@bdxfdl.com.cn
许正涛(1974-),男,工程师,主要从事电气设计工作;
吴祖升(1971-),男,工程师,主要从事继电保护工作。

Implementation of automatic switching when single main transformer operated in 220 kV substation

SHEN Qiong¹, XU Zheng-tao², WU Zu-sheng¹

(1. Xiangfan Power Supply Company Transforming Department, Xiangfan 441000, China;

2. Xiangfan - Chilean Electricity Survey Design Institute, Xiangfan 441000, China)

Abstract: The 110 kV system in a single main-transformer does not work properly with the 110 kV system in any other 220 kV substations. The voltage loss from the 110 kV system in a main-transformer will cause power outage at all other 110 kV systems connected. This paper introduces a design scheme of a main-transformer auto-switch-in device compatible to existing domestic products with charging, operating and locking functions included. This device has been tested and running well for more than two years. This original design has the value to be widely used.

Key words: single main-transformer operation; voltage loss; auto-switch-in device

(上接第 79 页 continued from page 79)

收稿日期: 2006-01-27

作者简介:

黄生睿(1965-),男,高级工程师,从事火力发电厂、变

电所电气系统设计; E-mail: huangshengrui@csepd.com

韩玮(1970-),女,高级工程师,从事火力发电厂、变电所电气系统设计。

Discussion on relay protection of 500 kV startup/standby transformer

HUANG Sheng-rui, HAN Wei

(Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan 430071, China)

Abstract: With the development of electric power of industry, more and more high capacity pithead power plant and EHV transmission project are planned to be constructed. Due to the startup/standby transformer is normally powered from the 220 kV net or below, so the two problems should be considered, one of which is phase difference between step-up and standby network and another is the power change of standby source. To resolve above problems, 500/6 kV startup/standby transformer is applied widely and widely at present. For 500/6 kV transformer, it's difficult to set protection relays and to choose ratio of CT because of the big difference between rating current and short-circuit current of the transformer. This paper puts forward the improved protection scheme according to study the problems of 500/6 kV transformer protection configuration.

Key words: 500 kV startup/standby transformer; relay protection; configuration