

# 110 kV 线路变压器组接线电厂继电保护关键问题探讨

李津津

(云南电网有限责任公司昆明供电局,云南 昆明 650011)

**摘要:** 分析了 110 kV 线路变压器组接线电厂与常规接线厂站在继电保护功能配置及二次回路设计存在的不同之处,对存在的关键问题、注意事项进行了梳理和总结,提出了几种实用的方案,为继电保护回路设计、施工调试、运行整定提供了借鉴。

**关键词:** 线变组; 电厂; 继电保护; 设计

**Abstract:** The differences between the power plant connected with 110 kV line - transformer group and the power plant with the conventional connection are analyzed in the function deployment of relay protection and the design of secondary circuit. The existing key problems and matters needing attention are summarized, and several practical solutions are proposed, which provides a reference for the design, construction and calculation of relay protection circuit.

**Key words:** line - transformer group; power plant; relay protection; design

中图分类号: TM773 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 6954(2015)03 - 0042 - 04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.03.010

## 0 引言

随着电网的发展,地区电网不断有电厂接入。为了节省投资,越来越多的电厂采用线路变压器组的主接线方式。由于接线方式的特殊性,其保护功能配置与二次回路设计与常规接线的厂站也不尽相同<sup>[1-3]</sup>,而这些不同之处往往成为设计、施工、整定工作中容易忽略的关键因素,稍不注意便有可能出错,甚至运行中发生保护不正确动作事件。

## 1 电厂接线方式与保护配置

### 1.1 一次接线方式

如图 1 所示,某电厂 110 kV 并网线路仅通过 1 台断路器与 110 kV 主变压器直接连接,形成独立的接线单元,线路与主变压器之间无 110 kV 母线及 110 kV 桥断路器连接; 10 kV 侧装有 1 段母线,连接有发电机、TV 等元件。电厂一次接线的特殊之处在于: 110 kV 线路与主变压器共用 1 台断路器,且 110 kV 侧仅有 1 组电压互感器。

### 1.2 保护配置

110 kV 并网线电厂侧为电源点,故配置 1 套线路保护,为了利于保护整定配合,兼顾继电保护的灵

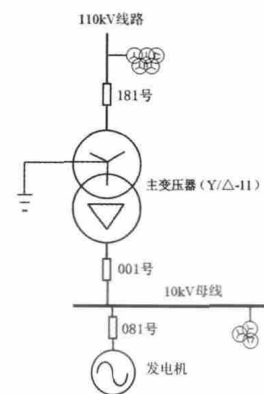


图 1 某 110 kV 电厂一次主接线图

敏性与选择性,除距离、零序(方向)及自动重合闸外,线路保护还集成了光纤电流差动功能,此外操作箱插件也配置在线路保护装置中。主变压器配置差动、后备及非电量保护,均按分箱配置;主变压器各侧控制回路集成在同一台操作箱装置中,与保护独立配置并组于同一面屏柜<sup>[4]</sup>。

## 2 电流二次回路问题

### 2.1 TA 配置及绕组分配问题

由于电厂主变压器与 110 kV 线路均配置了能快速切除故障的差动保护,为充分发挥保护的性能,消除保护死区,主变压器差动保护与线路保护范围应尽量交叉<sup>[5]</sup>。考虑到高压侧断路器 TA 配置可能

有1台或2台,应分2种不同的方案进行考虑。

### 2.1.1 方案1

如图2(左)所示,高压侧断路器仅线路侧装设1台TA,主变压器差动保护与线路保护均取自该TA。为尽可能满足主保护范围交叉的原则,主变压器差动保护所用绕组1LH应位于110kV线路保护所用绕组2LH靠外侧(线路侧),在1LH与2LH绕组之间发生短路时,主变压器差动保护与110kV线路保护将同时动作,跳开主变压器两侧断路器与线路对侧断路器将故障快速切除。

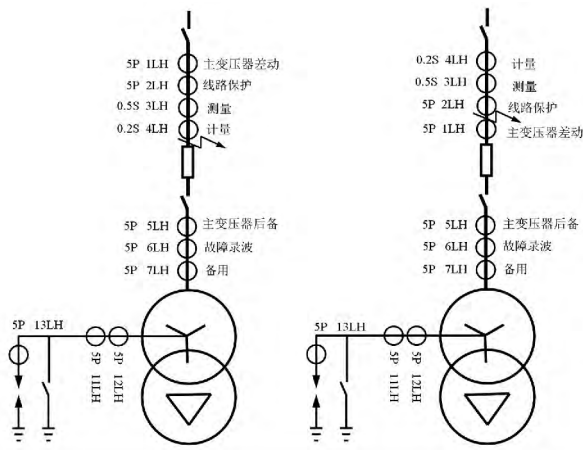


图2 高压侧TA绕组分配方案1

采用方案1时需要注意的事项如下:

1) 由于高压侧断路器仅有1台TA,当TA最靠近断路器的绕组与断路器之间发生短路时,对于线路保护属于区外短路,主变压器差动保护动作跳开主变压器两侧断路器后,系统将向故障点输送短路电流,然后由110kV线路对侧II段保护(如距离II段、零序II段)经短延时动作隔离故障;所以当断路器与TA之间短路时,故障无法实现快速切除。220kV及以上电压等级的线变组可采用主变压器保护出口时启动远跳的方法实现快切故障;110kV及以下线路无快切要求,主变压器保护动作无需启动远跳。

2) 当断路器TA在吊装时造成了一次侧反向(即P1、P2颠倒),则1LH将位于2LH靠主变压器侧,若一、二次绕组均不作调整,将导致1LH与2LH之间存在死区,如图2(右)所示。故当TA吊装颠倒时,应将1LH用于线路保护,2LH用于主变压器差动(此时二次侧应反向接线进行方向纠正),或将TA一次侧倒转方向后进行重新吊装,以解决TA一次侧反向带来的保护死区问题。

### 2.1.2 方案2

如图3所示,高压侧断路器配置2台TA,线路侧、主变压器侧各1台,主变压器保护取靠线路侧TA,线路保护取靠主变压器侧TA。此方案的好处在于,无论哪一侧TA与断路器之间(图中的K1、K2点)短路,或是任一侧TA吊装颠倒(二次侧反向接线进行方向纠正),线路与主变压器差动保护均会同时动作快速切除故障,实现了真正意义上的保护范围无死区。然而方案2的缺点在于多装设了1台TA,不利于节省投资。

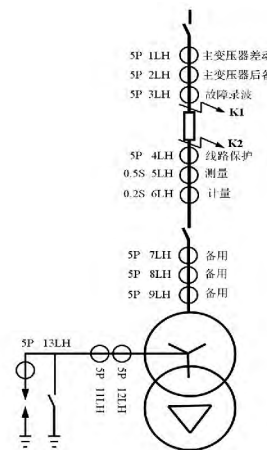


图3 高压侧TA绕组分配方案2

## 2.2 电流极性、方向问题

电流互感器一般按减极性原则设置,即一次侧从P1流入,P2端流出,则二次侧从S1端流出。通常TA一次绕组P1端位于靠出线侧,P2端位于靠母线侧,电流以流出母线为正方向<sup>[6]</sup>。然而线变组接线电厂110kV侧无母线,造成了该侧TA一次P1、P2朝向该如何布置没有明确的参照点。若TA二次侧S1、S2朝向与一次侧P1、P2朝向不对应导致电流极性接反,将存在以下风险:1) 110kV线路区外故障时,线路差动保护误动;110kV线路区内故障时,线路距离保护、带方向的零序保护拒动;2) 主变压器区外故障时,差动保护误动;主变压器后备保护所指向的正方向故障时,后备保护拒动;3) 110kV线路正方向故障时,故障录波测距将错误地认为是区外故障,导致正向故障时无录波测距信息;110kV线路反方向故障时,故障录波测距将错误地认为是区内故障。

以上所述表明,合理、正确地设置TA二次绕组接线的方向对于确保保护正确动作起到了极为关键的作用。仅以高压侧开关配置1组TA的情况为

例,TA一、二次绕组布置有2种方案可供选择。

### 2.2.1 方案1

如图4所示,TA一次绕组P1位于线路侧,P2位于主变压器侧。主变压器差动、后备保护以指向主变压器为正,故二次侧电流应从S1端流出;线路保护、故障录波以指向线路为正,故二次侧电流应从S2端流出。

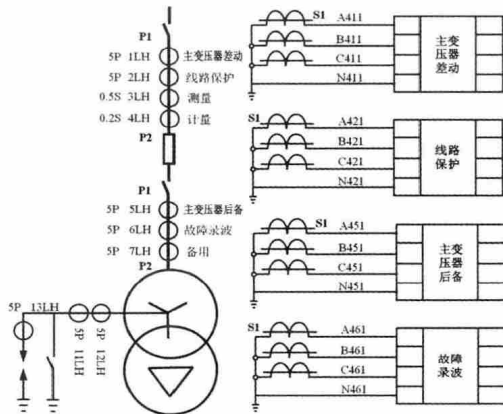


图4 TA极性设置方案1

### 2.2.2 方案2

如图5所示,TA一次绕组P1位于主变压器侧,P2位于线路侧。主变压器差动、后备保护二次电流从S2端流出;线路保护、故障录波二次侧电流从S1端流出。

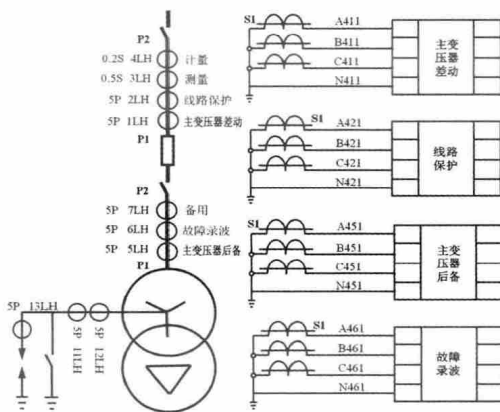


图5 TA极性设置方案2

需要特别说明的是:1)主变压器差动保护两侧的电流均应以流入主变压器为正,或均以流出主变压器为正。但为了规范统一和避免出错,建议采用前者。2)主变压器后备保护电流原则上亦可按照以流出主变压器为正的颠倒布置,通过定值整定来明确保护的方向。但为了规范统一,防止整定人员因忽略此细节导致实际方向设置与定值单要求不一致,不建议采用此做法。

## 3 110 kV 并网线重合闸问题

### 3.1 重合闸方式选择

为缩短线路故障后恢复送电的操作步骤和时间,110 kV 并网线路的电厂侧可考虑投入自动重合闸。为防止非同期并列,110 kV 并网线路系统侧重重合闸应选择检线路无压方式,电厂110 kV 线路重合闸可考虑2种方式:检同期方式和等待发电机解列后的检无压方式。由于升压站无110 kV 母线,故仅在110 kV 线路侧装设了1组TV,无论重合闸采用检同期或检无压方式,唯一的选择是取10 kV 母线某单相电压或相间电压作为抽取电压  $U_x$ 。

#### 3.1.1 检同期方式

电厂主变压器为Y/Δ-11接线方式,即低压侧电压超前高压侧电压30°,如图6所示。若在110 kV 线路保护跳闸启动重合闸时直接进行检同期比较,将存在以下风险:

- 1) 线路跳闸后若发电机与电网一次系统始终保持同期,则二次电压将存在一定的角度差,最终将导致重合闸检同期不成功而动作失败;
- 2) 线路跳闸后若发电机与电网一次系统始终不能保持同期但未解列,若在某一时刻低压侧一次电压滞后高压侧一次电压约30°时,二次电压恰好能满足同期条件,从而重合闸顺利地“检同期”成功而动作,将可能带来非同期并列的后果。

考虑到以上因素,在电压同期比较时可在微机保护程序中对同期电压  $U_x$  进行-30°的转角处理,使高压侧线路与低压侧母线一、二次电压相位差始终相等。

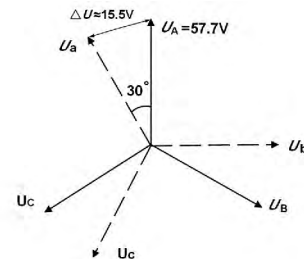


图6 同期电压相角差与相位补偿

#### 3.1.2 检无压方式

110 kV 线路跳闸,发电机解列后,若10 kV 母线无压,则主变压器110 kV 侧必然也满足无压,故可采用判断110 kV 线路电压满足有压条件且10 kV

母线电压  $U_x$  满足无压条件的方式重合。在此有一点需要特别注意,由于保护功能的需要,110 kV 线路三相电压接入线路保护装置的“母线电压”开入,装置将110 kV 线路电压视为“母线电压”,10 kV 母线电压视为“线路电压”,故应选择“检母线有压线路无压”方式而非“检线路有压母线无压”方式。当重合闸方式整定颠倒时,可能存在以下两类问题:

1) 线路跳闸后发电机解列,若重合闸方式整定颠倒,将因“线路有压”条件不满足而无法动作;

2) 线路跳闸后发电机未解列,若重合闸方式整定颠倒,电厂侧断路器将先重合,从而线路有压,110 kV 并网线系统侧将不满足检无压条件而动作失败。若110 kV 并网线为T接有用电负荷的公用线路,则将导致供电可靠性降低。

### 3.2 重合闸闭锁回路设计

线变组接线的电厂,由于110 kV 线路与主变压器高压侧共用1台断路器,为防止主变压器故障时“不对应启动重合闸”动作而导致断路器重合于永久故障,在二次回路设计时应考虑主变压器保护动作时闭锁110 kV 并网线路重合闸。

#### 3.2.1 直接闭重方式

对于操作箱无TJR永跳继电器的110 kV 线路保护,通常采取直接闭重的方式,即主变压器主保护、后备保护及非电量保护出口接入保护跳闸回路,同时各开出1副接点并联后接入110 kV 线路保护闭锁重合闸开入回路。

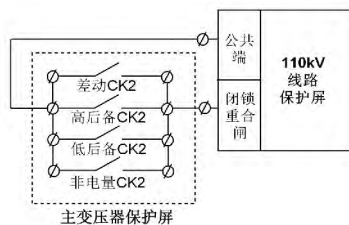


图7 直接闭重方式

#### 3.2.2 间接闭重方式

对于操作箱设有TJR永跳继电器的110 kV 线路保护,宜采取间接闭重的方式<sup>[6]</sup>,即主保护、后备保护及非电量保护出口并联后直接接入110 kV 线路保护操作箱TJR永跳回路,TJR继电器的1副接点通过装置内部回路闭锁线路保护重合闸。若出口接入主变压器保护屏操作箱TJR回路,将无法直接达到闭锁线路重合闸的效果。4套主变压器保护装置仍需各输出第2副接点至线路保护闭重开入。

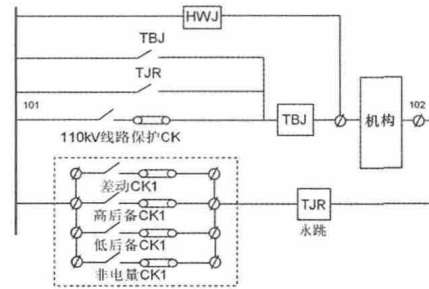


图8 间接闭重方式

另有1种方案与方案2类似,同样属于间接闭重方式,不同是采用保护出口并联后直接接入110 kV 线路保护操作箱手跳回路,手跳启动时合后位置返回,即KKJ由1变为0,将线路保护重合闸闭锁。此方案的不足之处在于,启动手跳继电器时合后位置返回,高压侧断路器的“事故总”信号接点将无法动作,从而事故音响将不会启动,不利于运行人员及时、警觉地发现事故<sup>[7]</sup>,故不推荐采用此方案。

显然,使用间接闭重方式且使用线路保护操作箱的控制回路时,由于闭锁重合闸通过装置内部回路实现,故可达到简化外部回路、节省二次电缆的目的。

## 4 110 kV 断路器控制回路问题

由于110 kV 线路与主变压器高压侧共用1台断路器,且110 kV 线路保护自带操作插件,同时主变压器保护屏配有1台操作箱装置,因此了高压侧控制回路可有两种选择:使用线路保护操作箱或主变压器保护屏操作箱。

当高压侧断路器使用线路保护自带操作箱的控制回路时,保护装置可通过内部回路监视其自带操作箱采集到的断路器位置,当HWJ=0且TWJ=0时认为断路器控制回路断线并发告警信号。

当高压侧断路器使用主变压器保护屏独立操作箱的控制回路时,线路保护将无法监视到断路器的合位与跳位(直接满足了HWJ=0且TWJ=0的条件),为防止正常运行时装置将误告警信号对运行人员产生误导,应退出线路保护装置的“控制回路断线”告警功能。

## 5 结 语

综合以上分析可知,线变组接线的电厂尽管一  
(下转第89页)

Proceedings of the Power System Technology of IEEE , Aviva 2010.

[12] 王守相, 黄丽娟, 王成山, 等. 分布式发电系统的不平衡三相潮流计算[J]. 电力自动化设备, 2007, 27(8): 11-15.

[13] 梁双, 胡学浩, 张东霞, 等. 光伏发电置信容量的研究现状与发展趋势[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(19): 101-107.

[14] 汪海瑛, 白晓民. 并网光伏的短期运行备用评估[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(5): 55-60.

[15] 李峰, 李威, 薛峰, 等. 规模化光伏电站与电网暂态交互影响定量分析[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(11): 50-56.

[16] 龙源, 李国杰, 程林, 等. 利用光伏发电系统抑制电网功率振荡的研究[J]. 电网技术, 2006, 30(24): 44-49.

[17] 刘莉敏, 曹志峰, 许洪华. 50 kWp 并网光伏示范电站系统设计及运行数据分析[J]. 太阳能学报, 2006, 27(2): 146-151.

[18] 李斌, 袁越. 光伏并网发电对保护及重合闸的影响与对策[J]. 电力自动化设备, 2013, 33(4): 12-17.

[19] 杨国华, 姚琪. 光伏电源影响配电网线路保护的仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(15): 75-79.

[20] 黄伟, 雷金勇, 夏翔, 等. 分布式电源对配电网相间短路保护的影响[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 93-97.

[21] 丁明, 王伟胜, 王秀丽, 等. 大规模光伏发电对电力系统影响综述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 1-14.

[22] 孟祥林. 四川能源现状及其能源结构发展选择——从中国太阳能第一楼谈起[J]. 西华大学学报: 社会科学版, 2006(5): 46-49.

[23] 杜心远, 何荣华. 四川省新能源发展战略构想[J]. 商场现代化, 2007(35): 216.

[24] 四川省“十二五”能源发展规划[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/9bfd69ec856a561252d36fe5.html>.

[25] 陈国阶. 对四川发展若干战略问题的思考[J]. 决策咨询通讯, 2010(1): 8-9, 72.

(收稿日期: 2015-02-28)

(上接第32页)

做较为准确的计算,但对于山区架空输电线路的设计风速计算需考虑地形、下垫面等自然因素的复杂影响。在无建站条件和无资料地区,目前只有采用调整系数法进行估算;资料条件充足时可建立数值模型进行推算。当前国内外也开发了一些风能资源评估系统软件,可为计算山区架空输电线路设计风速提供一定的参考依据,由于目前的风能资源评估系统软件是平均风速的概念,尚缺乏一定的适用性,

推求山区架空输电线路设计风速还有待进行更进一步研究。

参考文献

[1] GB 50009-2012 建筑结构荷载规范[S].

[2] DL/T 5158-2012 电力工程气象勘测技术规程[S].

作者简介:  
谢直卉(1982), 硕士, 工程师, 主要从事电力工程水文气象勘测工作。  
(收稿日期: 2014-12-29)

(上接第45页)

次接线布置与继电保护配置都较为简单,然而与常规接线的厂站相比,其特殊性也是显而易见的。在保护设计、调试、整定等工作中应对以上列举的关键问题引起重视,根据需求和现场实际情况进行相应的取舍,力争实现方案的最优化。

参考文献

[1] 刘文. 浅析发电机-变压器-线路组保护配置特点[J]. 继电器, 2005, 33(15): 18-20.

[2] 王晶晶. 发电机-变压器-线路组保护的配置特点及实例分析[J]. 华北电力技术, 2007, 8: 37-52.

[3] 郑太一, 马丽红, 王建勋, 等. 终端线路变压器组继电

保护配置及变压器中性点接地方式研究[J]. 吉林电力, 2009, 37(5): 5-7.

[4] Q/CSG110039-2012 南方电网继电保护配置技术规范[S].

[5] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材[Z]. 2009.

[6] 张鹏. 浅谈电流互感器二次绕组极性[J]. 云南电力技术, 2013, 41(3): 61-63.

[7] 王媛婷, 郭志彬. 变电站调度事故总信号改进方案[J]. 电力与电工, 2012, 32(4): 86-88.

作者简介:  
李津津(1988), 主要从事电网继电保护整定计算及运行管理工作。  
(收稿日期: 2015-01-14)