

# 从剖析五个 110kV 变电站看继电保护之薄弱环节

卢志立<sup>1</sup>, 李 晨<sup>2</sup>

(1. 山西省电力公司调度通讯中心, 山西 太原 030001; 2. 太原第二热电厂, 山西 太原 030041)

**摘要:** 通过对几个典型 110kV 变电站多次事故的剖析, 从保系统、保主设备的观点, 针对现有继电保护状况提出了一些建议和措施, 供从事变电站继电保护设计、计算和运行管理人员作参考。

**关键词:** 110kV 变电站; 变压器; 继电保护

**中图分类号:** TM77      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4297(2000)10-0051-04

## 1 前言

近年来, 我省电网中多次发生变电站全停和主变压器烧毁事故, 特别是 110kV 变电站, 其安全可靠存在着较大的问题。为了查清每一个不安全因素, 找出那些属于共性的问题, 从而采取有效的对策, 省公司选择了五个 110kV 变电站, 于去年 12 月组织有关专业人员对这五个变电站进行了解剖分析。它们分别是太原的城北站、河西站, 阳泉的泊里站, 晋中的北郊站和临汾的九洲堡站。这些 110kV 变电站的特点是所处的地位都比较高; 都是几经增容改造而成, 存在运行时间长、设备老化问题; 它们的接线方式和主要设备类型具有代表性; 而且从历史上看, 它们都发生过全站停电或变压器损坏事故, 所以它们能反映省内 110kV 变电站的现状。通过剖析这几个变电站得出的结论以及改进措施可以推广到全省。

分析和统计资料表明, 电网结构和运行方式对变电站可靠性有着至关重要的影响。该 5 站的 12 次全停事故中有 4 次是系统电源部分故障引起的。榆次北郊站的两条 110kV 进线均来自 220kV 榆次站, 因榆次 110kV 母线停电曾两次导致 110kV 北郊站全停事故; 太原城北站两条 110kV 进线虽来自不同的变电站, 但两条线双 T 接并经同杆并架进入 110kV 城西站, 使其电源可靠性大为降低, 终因同杆

的两条 T 接线异相短路导致 110kV 城北站全停。故对于重要的 110kV 变电站的供电电源应尽可能实现相对独立、互不影响的双电源, 运行方式上可采取一供一备方式, 并完善备用电源自投设施。

另外, 从变压器损坏情况来看, 10kV 出口故障动稳定不能满足要求是主要原因之一。五站共发生变压器停电事故 24 台次, 造成烧毁变压器 6 台次, 损坏原因是多方面的。但分析表明以动稳定不满足要求导致变压器损坏是情况居多, 其中尤以阻抗仅为 10% 左右的双卷变压器为最严重。可见, 一方面应重视 10kV 侧短路容量问题, 针对设备性能应定期进行校验, 对 10kV 短路容量较大的变压器宜采用分列运行方式, 或者考虑采用串联限流电抗器的措施; 另一方面在设备选型上应强调制造质量: 选用那些通过短路冲击试验并有较好运行业绩的变压器; 应注意参数选择: 必要时, 可适当提高双卷变压器的短路阻抗值 (40MVA 双卷变选 13% ~ 14%, 50MVA 双卷变选 16% ~ 17%), 从而提高其抗冲击能力。

本文将重点讨论继电保护和二次部分的不足之处并提出相应的改进措施。

## 2 关于变压器的后备保护

总结多起变压器烧毁事故, 可以看出几个具有普遍性的问题: 如前言中所述, 变压器由于其低压侧近区短路, 受到大电流的多次冲击, 因动稳定破坏

(1. XI Electric Corporation, Xuchang 461000, China; 2. Hathaway Sifang Protection and Control Co. Ltd, Beijing 100085, China; 3. Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** Series CSL100 microprocessor based line protections applied in Mao(ming)-Jiang(men) line of Guangdong 500kV power system, are presented in this paper in aspects of protection configuration, interface with multiplex power line carrier, spare protection, circuit breaker protection, dead zone protection, anti-interference.

**Keywords:** microprocessor based line protection; interface; configuration

而导致变压器烧毁的情况居多,而由于低压侧短路持续时间太长导致变压器内部故障的情况也不乏其例。可以说大部分变压器耐受瞬间冲击电流的能力较差,耐受较长时间大电流的能力也很有限,为了防止这种情况,从继电保护的角度应尽快地切除低压侧母线的故障;变压器 10kV 侧保护比较薄弱,10kV 母线故障主要依靠主变 10kV 侧过流保护以长延时切除,使变压器受到长时间大电流冲击;一旦 10kV 侧过流保护拒动或者断路器失灵,将依靠其高压侧复合电压闭锁过流保护动作于高压侧断路器,但遗憾的是高压侧过流对于低压侧故障灵敏度不足的情况并不少见,断路器分断失败的情况也时有发生,以至出现低压侧故障无法切除的严重局面。简言之,低压侧缺少双重化的保护和缺少断路器失灵措施的情况比较普遍,应加强之。10kV 出线间隔的故障虽属于出线故障,但因配电装置内部电气距离太近以及现有配电设备的质量欠佳,立即发展为母线故障之几率非常高,甚至烧毁临近的若干间隔形成所谓“火烧联营”的严重后果。例如 110kV 泊里站 1999 年 12.9 事故起源于一个出线间隔因鼠害造成的 A 相接地并瞬间发展成三相短路,而在该出线速断保护正确动作跳闸的同时已发展为相临出线间隔的故障以及母线短路,随后又因变压器保护失去直流电源而扩大为全站停电事故。所以 10kV 母线以及送出线近区的故障均应补充快速切除的措施。

针对上述问题,变压器后备保护应根据现场实际情况加以完善,具体措施如下文所述。

### 2.1 复合电压闭锁过流保护

任何电力设备和线路在运行中,必须在任何时候由两套完全独立的继电保护装置分别控制两台完全独立的断路器实现保护。从而当任一套保护装置或任一台断路器拒绝动作时,能够由另一套保护或另一台断路器动作完全可靠地断开故障。根据这个原则,凡变压器高压侧复合电压闭锁过流对低压母线灵敏度不足者,应在低压侧增加一套过流保护,两套保护交、直流相对独立,以防止原低压侧过流保护拒动时变压器失去保护;低压侧过流保护应增加一个时间段去跳总出口,即先跳低压侧、后跳高压侧,以作为防止低压侧断路器失灵的措施;另外,为了提高高压侧复合电压闭锁对于低压侧短路的灵敏度,高压侧的复合电压闭锁应与低压侧复合电压闭锁并联构成“或门”使用。

### 2.2 变压器接地后备保护

鉴于放电间隙过流保护(以下简称“间隙保护”)

在 110kV 系统运行情况不够理想,系统发生接地故障该保护抢先动作、使不接地变压器越级跳闸的情况时有发生,我省忻州地区为避免这种现象而给间隙保护适当增加了延时,留出了相应保护切除接地故障的时间,有效地解决了不接地变压器间隙保护抢先动作的问题。这种措施是合理的,但同时也应看到,从防止变压器过电压的角度而言,间隙保护已从第一位退居第二位, $3U_0$  零序过电压保护上升为第一位的保护。为此,对于新建的 110kV 变电站 110kV 母线三相电压互感器不宜省掉,宜配置完善的中性点零序过流保护、零序过电压保护和间隙保护,以增加运行方式的灵活性和接地保护的可靠性。

### 2.3 重视 C、T 位置的合理性

变压器差动 CT 在 10kV 侧理想的位置是紧靠断路器且位于母线侧,置 10kV 断路器于差动区内的好处在于当 10kV 断路器分断失败起弧时可立即由差动保护切除故障。考虑 10kV 配电装置安装的具体情况,如该 CT 装于母线侧有所不便,至少也应保证紧靠断路器。设想 220kV 新店变电站如果做到这一点,10kV 断路器分断失败起弧后瞬间就会发展到差动区内,完成变压器的切除,就不会引发如此严重的事故。

相间过流 CT 则应尽量靠近变压器,尽量使套管、引线进入其保护范围,宜优先采用变压器套管 CT。

### 2.4 防止直流电源消失的措施

变压器所有保护共用一个直流电源时,当低压侧故障伴随直流电源消失的情况下,往往导致严重后果。

例如,220kV 新店站 150MVA 主变两次烧毁均与直流中断相关:1993 年“7.16”事故因 10kV 出线故障,断路器爆炸,伴随蓄电池引线不良引起的直流中断,致使其 1 号主变烧毁;1999 年“7.20 事故”也是 10kV 故障,变压器低压侧断路器分断失败,起弧着火,由于柜体接地不良等原因形成高压窜入直流系统,全站直流消失,后果也是变压器完全烧毁;前面已经提到的 110kV 泊里站 1999 年“12.9 事故”起因还是 10kV 故障,出线断路器多次跳合闸过程中直流电压瞬时波动至 140V 以下,引起晶体管变压器保护逆变电源欠压保护动作,失去直流电源导致变压器保护的拒绝动作。

为避免上述情况的发生,除按照“反措要点”的要求提高直流电源的可靠性之外,保证用于同一保护对象的两套保护具有相对独立的直流电源是十分

必要的。

鉴于近年来因失去直流而烧变压器的事件频频发生,在直流电源可靠性尚不能满足要求的110kV变压器上加装由省电力高新技术公司研制的ZXB-1型直流消失“应急保护”,也不失为一项有效措施。

### 3 关于快速切除低压侧近区故障的问题

统计资料表明,变压器低压侧(10kV侧)母线短路或出线近区短路未能快速切除时均对变压器构成威胁,往往诱发较严重的设备事故。应采取措施加速切除这类故障。

#### 3.1 变压器低压侧加设限时电流速断保护

当高压侧复合电压闭锁过流对低压母线灵敏度不足时,低压侧须增加一套过流保护(见1.1)。将新增保护设置为“限时速断”保护,与低压出线速断配合,第一时限跳本侧,第二时限跳总出口。原过流保护则与出线过流配合,第一时限跳本侧,第二时限跳总出口;

当高压侧复合电压闭锁过流对低压母线有足够灵敏度时,原低压侧过流设置为两段式:第一段为限时速断,与出线速断配合,作用于跳本侧;第二段为过电流,与出线过流配合,第一时限跳本侧,第二时限跳总出口。

增加了限时速断之后,一旦出现低压母线故障的情况,或者送出线近区故障而其速断保护拒动或其断路器分断失败的情况,新增的限时速断将以1至2个级差的短延时迅速跳开变压器,化险为夷。当然,与过去的配合关系相比牺牲了出线速断保护拒动情况下的选择性,却换取了变压器及整个配电系统安全性的提高,还是值得的。

#### 3.2 低压母线增设母线保护

符合下列情况之一者,可以考虑在低压母线增设母线保护,从而进一步缩短低压母线故障的切除时间。

- a. 220kV变压器的低压母线;
- b. 低压母线短路容量较大者;
- c. 变压器对低压侧短路耐受能力较差者;
- d. 变压器低压侧的限时速断保护对本母线灵敏度不足者。

笔者认为,第2.1项措施是应普遍执行的,而第2.2项措施可视具体情况而定。加设什么型号的母线保护也应根据本站具体情况:已经具有母差CT的低压母线可选用普通的母线差动保护,不具备母差CT者,配置西安交大与省电科院共同研制的

JMB-1集成型母线保护也是一种值得推荐的方案。

#### 3.3 尽快缩短保护级差

缩短保护配合的时间级差对加快后备保护的切除时间效果是显著的。新建工程多选用微机保护,具备条件,只须尽快将与变压器后备保护有配合关系的普通时间元件更换为高精度时间元件即可将时间级差从原来的0.5s缩至0.3s。全网的保护级差若能在原来的基础上缩短至60%,对于缩短故障电流持续时间、提高设备和系统的安全性,意义也是很大的。

### 4 其它相关措施

#### 4.1 完善备用电源自动投入装置

当110kV变压器分列运行时,备用电源自动投入装置(简称“备投”)是提高供电可靠性的重要措施,应认真考虑备投条件,力求其完善、合理。

为了提高备投成功率及防止多次冲击变压器,可考虑不允许其投于故障。即对于线路备投(包括两条进线一供一备方式和两线分列运行由分段开关或桥开关互投方式)仅在线路故障或失压时动作,而受端母线或变压器故障时不动作;站内的变压器备投(包括两台变压器一台工作一台备用的备投方式以及两台变分列运行的互投方式)则仅在变压器故障或失压时动作,而在变压器低压侧母线及出线故障时不动作。这一点,通过增加“电流闭锁”或“电流方向闭锁”是容易实现的。

该措施虽失去了当下级设备发生瞬时性故障时备投成功的可能性,却使系统和变压器设备更趋安全。

另外,变压器高、低压两侧均分列运行,装设高、低压两级备投时,应注意先高压、后低压的动作顺序,以保证两级备投的协调工作。

#### 4.2 配置故障录波器

鉴于变压器耐受冲击及承受穿越电流的能力较差,多次造成损坏,事故的分析往往因无任何实际的录波和记录而难以进行,建议110kV变电站应按其重要程度逐步配置故障录波器,监视故障情况下的变压器电流,以便使今后的故障分析工作更有依据。

### 5 结语

本文主要是针对110kV变电站频繁发生变压器烧毁事故而提出的一些分析意见,所列措施无非是以下两个方面:其一是完善变压器保护的措施,如变压器高压侧过流对低压侧灵敏度不足时在低压侧增

加一套过流保护;低压侧过流增加一个时间段去跳总出口;高压侧复合电压闭锁与低压侧闭锁并联使用以提高其灵敏度等措施,以满足对于低压侧故障,具有“两套保护、两组断路器”来切除的基本原则。其二是为保变压器而增加的一些快速切除低压侧故障以及减少冲击次数的措施,如变压器低压侧增设限时速断保护、增设母线保护、缩短时间级差以及备投增加闭锁的措施。

应该说明的一点是有些措施更多地强调了保变压器、保系统,不得不使部分用户的供电可靠性做出一点让步。例如:低压线路出口短路其速断保护拒

动或者其断路器分断失败了,我们就不再等待它的二、三段保护而迅速跳开变压器低压侧断路器;又如增加了闭锁的备投装置,当母线及其下级设备故障使工作电源跳闸时,虽有备投成功的一线希望,但更大的可能性是使变压器白白多受一次冲击而备投失败,所以此时备用电源就不再投了。从全面的观点来衡量,应该说还是合理的。

收稿日期: 2000-04-04

作者简介: 卢志立(1941-),男,教授级高级工程师,从事电网继电保护运行分析工作;李晨(1971-),男,助理工程师,发电厂电气专工。

### The vulnerable spots of relaying protection shown by analyzing five 110kV substations

LU Zhi-li<sup>1</sup>, LI Chen<sup>2</sup>

(1. The Power Company of Shanxi Province, Taiyuan 030001, China; 2. No. 2 Thermal Power Plant of Taiyuan, Taiyuan 030041, China)

**Abstract:** Some proposals and measures are proposed based on the current situation of relaying protection in view of the system orientation and main equipment-orientation by analyzing a certain amount of fault events in some typical 110kV substations. It is a reference to the relay engineers of substation, and calculation and operation management staff.

**Keywords:** 110kV substation; transformer; relaying protection

## 《机床电器》

《机床电器》是成都机床电器研究所主办、以介绍电气自动控制及电器制造和应用方面的新技术、新动态及实际应用成果和经验为主要内容、国内外公开发行的技术刊物。是我国机床电器(控制电器)、低压电器、各类控制电器和装置、数控系统、可编程序控制器等制造和应用行业中一份颇有影响的刊物。

本刊设有“综述”、“研究·开发”、“数控·数显”、“计算机·PLC应用”、“应用·交流”、“试验·检测”、“工艺·材料·装备”、“产品·市场”、“探讨·争鸣”、“国内外技术信息”、“技术讲座”等栏目。适合各业用电器、造电器、从事电气控制和自动化技术的广大技术人员、电工、设备管理维修人员和有关院校师生阅读。本刊发布各类控制电路、装置、电工材料、试验检测设备、电工仪表等产品介绍和广告,欢迎惠顾。

本刊为双月刊,大16开56页,每期定价5元,全年30元,邮发代号62-77。地址:成都市水碾河一环路东四段79号《机床电器》杂志社;邮编:610061,电话:028-4465501;传真:028-4449187;E-mail:mtea@mail.sc.cninfo.net