

# 解决线路重合于永久性故障而烧损主变的最佳方案

叶生强, 陈纲, 谢永胜, 方伟华

(江西赣东北供电公司, 江西 乐平 333300)

**摘要:** 最近几年国内接连发生烧损主变压器的恶性事件, 其中大部分原因是由于线路重合于短路电流很大的永久性故障而烧损主变, 本文就解决这问题, 提出了在重合闸内增加电流判据并根据故障电流大小而通过不同延时出口的最佳解决方案, 从而能预防变压器烧损, 供同行参考。

**关键词:** 线路; 重合闸; 主变; 方案

## The optimal scheme to avoid main transformer burnt down caused by reclosing to permanent fault

YE Sheng-qiang, CHEN Gang, XIE Yong-sheng, FANG Wei-hua

(Northeast Jiangxi Power Supply Company, Leping 333300, China)

**Abstract:** In recent years, the accidents that many main transformers are burnt down frequently occurred. The main reason is the reclosing to permanent fault with high short-circuit current. To solve the above problem, this paper proposes a scheme of adding current criterion and deciding time delay according to fault current. It is a reference to avoid main transformer burnt down.

**Key words:** line; reclosure; main transformer; scheme

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)09-0084-03

## 0 引言

众所周知, 现代电力系统容量越来越大, 短路电流的大小也水涨船高。

最近几年国内接连发生主变压器严重烧损的恶性事故; 究其原因, 其中一部分人认为是: 变压器质量差, 工艺粗糙抗拒不了很大的短路电流, 变压器正常运行中由于受出口短路故障的影响, 遭受损坏的情况较为严重。据有关资料统计, 近年来, 一些地区 110kV 及以上电压等级的变压器遭受短路故障电流冲击直接导致损坏的事故, 约占全部事故的 50% 以上, 与前几年统计相比呈大幅度上升的趋势。这类故障的案例很多, 特别是变压器低压侧出口短路时形成的故障一般要更换绕组, 严重时可能要更换全部绕组, 从而造成十分严重的后果和损失, 因此, 尤应引起有关部门足够的重视。

下面, 从分析现代主变压器易损坏的内因和外因着手, 提出解决方案。

### 1 短路电流急剧增大易造成主变压器损坏

特别是变压器出口处短路时对变压器的影响,

主要包括以下几个方面。

#### 1.1 短路电流引起绝缘过热故障

变压器突发短路时, 其高、低压绕组可能同时通过为额定值数十倍的短路电流, 它将产生很大的热量, 使变压器严重发热。当变压器承受短路电流的能力不够, 热稳定性差, 会使变压器绝缘材料严重受损, 而形成变压器击穿及损毁事故。

#### 1.2 短路电动力引起绕组变形故障

变压器受短路冲击时, 如果短路电流小, 继电保护装置快速正确动作, 绕组变形将是轻微的; 如果短路电流大, 继电保护装置经长延时动作甚至拒动, 变形将会很严重, 甚至造成绕组损坏。例如某些 220 kV 主变中压侧后备保护跳 110 kV 侧断路器的时间长达 6 s, 因此经过长达 6 s 大短路电流冲击, 会影响绕组匝间绝缘, 对绕组的匝间绝缘造成损伤, 严重时可能造成绕组扭曲变形或导线断裂。

#### 1.3 变压器绕组变形的后果

通过检查发生故障或事故的变压器和进行事后分析, 发现电力变压器绕组变形是诱发多种故障和事故的直接原因。一旦变压器绕组已严重变形而未被诊断出来仍继续运行, 则极有可能导致事故的发生。

生,轻者造成停电,重者将可能烧毁变压器。变压器出口短路形成的大短路冲击电流及产生的电动力将使绕组扭曲、变形甚至崩溃。

## 2 主变压器出线的线路重合于大短路电流的永久性故障是烧损主变压器的重要原因

由于线路瞬时性故障的几率达到70%以上,因此,每条线路继电保护装置都配备了重合闸装置(三相一次重合闸或综重),来提高供电可靠率,可是重合闸装置带来的危害却少有人知。

目前,整定重合闸重合的时间大都小于或等于1s。大短路电流对主变的影响已很大,如果主变出线的线路再重合于永久性故障时,那主变在1s内短时间再一次遭受大电流冲击,对主变的损害则更是非同小可。

以2005年以来,发生两次主变烧损的实际事件为例,如图1所示。

1) 2006年××月××日,某220kV主变中压侧一条110kV出线L1出口处发生A相故障,L1线继电保护正确动作(21ms零序电流保护I段、接地距离保护I段出口),断路器跳闸;1163ms重合闸动作,断路器合闸,后加速动作,开关跳闸。但就在后加速动作的同时,主变差动、重瓦斯保护动作跳主变各侧断路器。经检查发现该主变A相中压绕组线圈受损严重,调压、高压线圈略有变形等。

事后,经查录波图计算分析,A相一次故障电流 $I_{d1}$ 为6240A,故障电流持续时间为80ms,1163ms重合于故障,故障电流为5638A。虽然,后加速动作切除了线路故障,但同时也损害了主变压器。

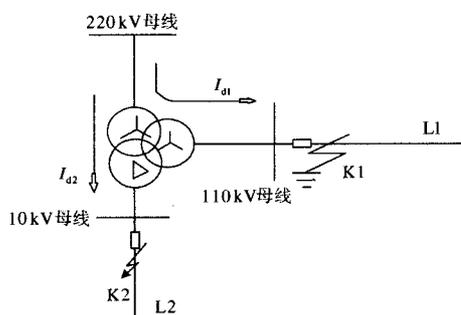


图1 故障模拟简图

Fig.1 Fault simulation sketch

2) 2005年××月××日,某110kV主变低压侧一条10kV出线L2出口处发生BC相故障,故障电流 $I_{d2}$ 达到11320A,L2线继电保护正确动作(28ms电流I段保护动作出口、1069ms重合闸出口,后加速动作)。但与此同时,主变差动、重瓦斯保护动作跳主变各侧断路器,该主变也发生了上述同样

的损坏。

## 3 解决由于主变出线的线路重合于出口处永久性故障而烧损主变压器的最佳方案

方案1、可采取电网压缩继电保护时限级差和在主变中压侧后备保护中增加阻抗保护(只与主变中压侧出线的阻抗保护I或II段配)的办法来缩短主变后备保护切除故障电流的时间,从而尽可能减少变压器所遭受大电流冲击时间,达到保住变压器的效果。

方案2、为了解决主变出线的线路重合于很大短路电流的永久性故障而烧损主变的问题,可采用将所有主变出线的重合闸时间都延长为大于或等于3.0s或10kV出线重合闸都退出的方案。因为,根据王维检教授的分析和变压器生产厂家的试验结果,变压器不能在短时间内连续两次遭受大短路电流的间歇性冲击,否则会严重损害变压器。但是,为了降低发生主变烧损事故的发生,而退出线路重合闸或将所有线路的重合闸出口时限延长 $\geq 3.0$ s,其结果都会降低供电可靠性,特别是对于一些重要的供电负荷(如矿井、医院等)造成电动机不能自启动等恶性事故。

方案3、为了解决由于主变出线的线路重合于出口处永久性故障而烧损主变压器的最佳方案为:在重合闸装置定值中增加一重合闸判别短路电流的定值(ICH),ICH也可称为主变间歇性冲击电流;该电流的大小最好由变压器生产厂家定(以防以后发生经济纠纷或官司),如图2所示:

1)当实际短路电流大于 $I_{ch}$ 时:假设 $I_{ch}=4000$ A,则重合闸经 $T_{chl}$ 长延时( $\geq 3.0$ s)出口;

2)当实际短路电流小于 $I_{ch}$ 时:假设 $I_{ch}=4000$ A,则重合闸经 $T_{chs}$ 短延时( $\leq 1.0$ s)出口;

其中: $I_{ch}$ 、 $T_{chl}$ 和 $T_{chs}$ 都可在继电保护装置定值中人为整定。这需要各继电保护生产厂家对重合闸的软件进行修改。

这种方案优点:

①当发生主变出口处故障,系统产生很大短路电流时,对主变冲击很大,线路重合闸须经长延时才能合闸;从而可保住变压器在短时间不会遭受间歇性冲击。

②当发生经大过渡电阻或线路末端故障,系统产生短路电流较小时,线路重合闸经短延时(在1s内)合闸,变压器所受的冲击较小,既可提高供电可靠性,又确保主变安全、稳定运行。

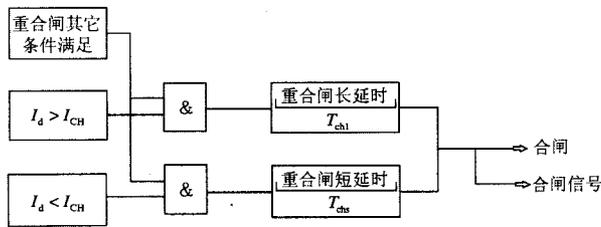


图2 新型重合闸  
Fig.2 New reclosing

综上所述:随着电力系统短路电流的急剧增大,而烧损主变的事件经常发生,为了解决这问题,本文提出了三种方案。而其中第三方案,应为最佳方案,它不但解决了主变在短时间内多次遭受大电流冲击而损害主变的难题,而且又不需要退出线路重合闸,从而提高了供电可靠性。 $I_{CH}$  (主变间歇性冲击电流)还可作为签订变压器技术协议的一项重要指标。

### 参考文献

- [1] 王维俭,电气主设备继电保护原理与应用(2版)[M].北京:中国电力出版社,2002.  
WANG Wei-jian.Principle and Application for Electric Equipment Protection,2nd Edition[M].Beijing: China Electric Power Press,2002.
- [2] 陈松林,文继锋,陆晓平等.变压器保护应用中一些技术问题的探讨[A].2004 全国电力主设备保护学术研讨会论文集[C].南京:2004.

(上接第 53 页 continued from page 53)

- [8] 潘爱民.COM原理与应用[M].北京:清华大学出版社,1999.  
PAN Ai-min. The principle and Application of COM[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [9] 杜松怀.电力系统负荷预测技术[J].华东电力,2000,9: 50-52.

收稿日期:2007-09-11; 修回日期:2007-11-14

(上接第 72 页 continued from page 72)

- WANG Zheng, HU Min-qiang, ZHENG Jian-yong. Synchronization in the Substation Based on Global Positioning System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(4): 39-39,50.
- [13] 匡绍龙.基于GPS的变电站自动化系统校时问题定量分析[J].电力自动化设备,2004,24(11): 26-29.  
KUANG Shao-long. Quantitative Analysis of Time Correction in Substation Automation System Based on GPS[J]. Electric Power Automation Equipment,2004, 24(11): 26-29.
- [14] 李建,谢小荣,韩英铎,等.北斗卫星导航系统与GPS互备授时的分布式相量测量单元[J].电网技术,2005,29(9): 1-4, 9.  
LI Jian, XIE Xiao-rong, HAN Ying-duo, et al. Study on Distributed PMU for Synchronous Phasor Measurement

CHEN Song-lin, WEN Ji-feng, LU Xiao-ping, et al. Research on Technical Problem About Protection of Transformer[A]. In: Proceedings of 2004 Chinese Conference on Relay Protection for Main Equipment[C]. Nanjing:2004.

- [3] 王维俭,侯炳蕴.大机组继电保护理论基础[M].北京:水利电力出版社,1989.  
WANG Wei-jian,HOU Bing-yun.The Theory of Large Generator and Transformer Protection[M].Beijing: Hydraulic and Electric Power Press,1989.
- [4] 陈增田.电力变压器保护(第2版)[M].北京:水利电力出版社,1989.  
CHEN Zeng-tian.Protection of Transformer,2nd Edition[M]. Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1989.
- [5] 史世文.大机组继电保护[M].北京:水利电力出版社,1987.  
SHI Shi-wen.Large Scale Generator Transformer Unit Protection[M].Beijing:Hydraulic and Electric Power Press,1987.

收稿日期:2007-10-24

作者简介:

叶生强(1961-),男,工程师,从事调度运行及继电保护工作;

陈纲(1975-),男,工程师,从事调度运行工作;

谢永胜(1971-),男,工程师,江西赣东北供电公司

E-mail: xysctp@163.com

作者简介:

潘爱强(1984-),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统规划、电力系统稳定分析; E-mail: jackain@gmail.com

严正(1964-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统优化运行、电力系统稳定分析、电力市场;

贾燕冰(1980-),女,博士研究生,主要研究方向为电力市场、电力系统稳定分析。

Using Mutually Backup Synchronization Signals from Both Seidou Satellite Navigation System and Global Positioning System[J]. Power System Technology, 2005, 29(9): 1-4, 9.

收稿日期:2007-08-28; 修回日期:2007-10-27

作者简介:

张信权(1965-),男,高级工程师,从事继电保护和变电站自动化产品的技术开发、技术管理工作; E-mail: zhangxq@nari-relays.com

梁德胜(1971-),男,工程师,从事自动化运行管理工作;

赵希才(1969-),男,高级工程师,主要从事继电保护与变电站自动化系统的技术开发工作。