

# 1 250kVA 配电变压器 低压侧单相接地故障分析及对策

辛长利

(本钢废钢厂, 辽宁 本溪 117021)

**摘要:** 针对本钢废钢厂变电所 1 250kVA 配电变压器低压侧单相接地故障, 进行了原因分析, 在新建的变电所中采取了有效的措施加以实施, 收到了良好的效果。

**关键词:** 配电变压器; 单相接地; 分析; 对策

**中图分类号:** TM64      **文献标识码:** B

## Trouble Shooting Analysis and Countermeasures to 1250kVA Switch-transformer's Single-phase Grounding on Low Voltage Side

XIN Changli

(Scrap Steel Factory, BX STEEL, Benxi Liaoning 117021)

**Abstract:** This article analyzed 1250kVA switch-transformer's trouble about its low-voltage single-phase grounding. There were some new and valid ways in building a new transformer substation and to get best effect.

**Keywords:** switch-transformer; single-phase grounding; analysis; counter-measure

配电变压器是变电所的关键设备, 在我厂变电所内共有 2 台 1 250kVA 配电变压器, 分列同时运行, 为全厂生产用门桥式起重机、废钢液压打包机、炉外精炼废钢料加工设备、汽车秤、锅炉等提供低压电力。2006 年, 集团公司决定在我厂老厂区地址上新建本钢三热轧生产线, 将我厂全部动迁搬至白石地区。所以, 我厂变电所也迁至白石地区重新建设。原址变电所的 2 台变压器利旧拆迁安装至新变电所内, 继续作为新变电所的配电变压器。新变电所施工图设计出图后, 根据我厂生产负荷运行特点, 对现场电气设备经常发生的单相接地故障原因, 以及新设计的变电所 2 台 1 250kVA 配电变压器 10kV 侧高压开关柜的继电保护控制原理进行了分析和整定值计算, 认为变压器高压侧过电流保护不能兼做低压侧单相接地短路保护, 必须单独装设单相接地保护, 以保证变配电设备的安全。

**作者简介:** 辛长利(1962~), 男, 自动化高工, 1984 年毕业于本钢工学院电气自动化专业。

**E-mail:** xinchangli1962@163.com

## 1 废钢厂白石新变电所 1 250kVA 变压器供配电系统设计布置

### 1.1 两台变压器主要技术参数

型号: S<sub>9</sub>-1250;

额定容量: 1 250kVA;

额定电压: 10/0.4kV;

额定电流: 72.2/1 804A;

联结组: Y · yno;

阻抗电压:  $u_k\% = 4.5$ 。

### 1.2 两台配电变压器供电系统组成

#### 1.2.1 1 号变压器

供电厂白石变电所 10kV I 段 25 格高压柜 → 高压电缆 → 废钢厂变电所 1 号变压器室高压负荷开关 → 1 号 1 250kVA 变压器 → 低压 400V I 段总隔离开关、总配电断路器 → 400V 低压 I 段母线 → 各支路隔离开关、断路器 → 各支路负荷电缆

#### 1.2.2 2 号变压器

供电厂白石变电所 10kV II 段 21 格高压柜 → 高压电缆 → 废钢厂变电所 2 号变压器室高压负荷开关 → 2 号 1 250kVA 变压器 → 低压 400V II 段总隔离开关、总配电断路器 → 400V 低压 II 段母线

→各支路隔离开关、断路器→各支路负荷电缆

### 1.2.3 低压母线的联络

在400V低压I、II段母线之间设置低压母联柜,用内设的2个隔离开关、1个断路器将I、II段母线进行联络。

### 1.2.4 低压配电柜

废钢厂变电所低压室内共安装11台低压柜,其中2台总配电柜、1台母联柜、8台低压配电柜。

## 1.3 两台1250kVA变压器高压侧继电保护

1)电流保护:①电流速断;②过电流;③过负荷。

2)其它保护:①重瓦斯;②轻瓦斯;③温度。

## 2 单相接地短路故障原因分析

我厂主要生产设备数量最大的就是门、桥式吊车,吊车在作业时由吊车跨电源滑线供电。供电滑线形式一类为沟铜线,对应吊车上的导体为托辊滚动式;另一类为角钢滑线,对应吊车上的导体为拖板式。吊车在行走时,靠导体与滑线接触摩擦导入电源。吊车在行走中,当沟铜滑线松弛过限或角钢滑线弯曲变形过限,使导体与滑线之间相对位置的偏差过限时,沟铜滑线就会掉落在导体底座上,角钢滑线上的导体就会触及到滑线支架上,这两种现象出现时,就发生了电源单相接地短路故障。另外,由于导体内部绝缘管件、瓷瓶破损未及时修理,也将造成带电的导体与底座支架相接触,同样会发生电源单相接地短路故障。

由于发生单相接地短路故障时,吊车跨电源滑线的现场配电箱内的断路器一般为DW15、DZ10、DZ20等型号断路器,这类断路器仅有瞬时过电流脱扣器、复式电磁脱扣器,而没有单相接地短路保护专用的脱扣器,当单相接地短路电流未达到瞬时脱扣器及复式脱扣器整定电流值时,这类断路器不动作。单相接地短路电流就会流向变电所内低压配电支路断路器,而这些断路器仍然是DW15、DZ10、DZ20等型号断路器,同样没有单相接地短路保护专用的脱扣器,低压配电支路断路器依然不动作,所以,单相接地短路电流流向低压总断路器,我厂老

区变电所的低压总断路器原为ME型,仍然没有单相接地短路保护,因此,单相接地短路电流最终进入配电变压器总零线以及变压器绕组中。为了解决这个问题,在老厂区变电所配电变压器高压侧继电保护中加装了单相接地保护作用于变压器高压侧真空断路器跳闸,但由于高压侧跳闸后,须进行复杂地检查确认,恢复送电时间较长,这种方式不适合我厂生产要求。

## 3 我厂白石新变电所配电变压器高压侧电流继电保护分析、校验

在白石新建变电所设计中,1250kVA变压器高压侧新装GG1A型高压柜继电保护中仅设有电流速断、过电流、过负荷保护,而没有专设变压器低压侧单相接地保护。因此,需进行用过电流保护能否兼做单相接地保护的校验,计算分析如下:

### 3.1 以2号变压器低压侧所带32m跨回路为例

计算32m跨滑线电源电缆接入点 $d_3$ 的单相接地短路电流 $I_{d3}^{[1]}$ :

3.1.1 计算短路电流电路各元件的正序阻抗(单位为)

根据《工厂配电设计手册》的计算公式,以及有关图表所列数据等计算得出 $d_3$ 点短路电路的正序总阻抗:

正序总电阻  $R_{\Sigma d3}=8.43$  毫欧

正序总电抗  $X_{\Sigma d3}=26.54$  毫欧

3.1.2 计算单相接地短路电路各元件的零序阻抗(单位为毫欧)

同样根据《工厂配电设计手册》的计算公式,以及有关图表所列数据等计算得出 $d_3$ 点短路电路的零序总阻抗:

零序总电阻  $R_{0\Sigma}=104.27$  毫欧

零序总电抗  $X_{0\Sigma}=62.17$  毫欧

3.1.3 计算 $d_3$ 点单相接地短路电路的总相零阻抗,单位为毫欧

因为正序阻抗等于负序阻抗等于相阻抗

即  $R_{1\Sigma}=R_{2\Sigma}=R_{\Sigma d3}$        $X_{1\Sigma}=X_{2\Sigma}=X_{\Sigma d3}$

则:总相零电阻  $R_{X1\Sigma}=[R_{1\Sigma}+R_{2\Sigma}+R_{0\Sigma}]\div 3=$

$$[R_{\Sigma d3} + R_{\Sigma d3} + R_{0\Sigma}] \div 3 = 40.38 \text{ 毫欧}$$

$$\text{总相零电 } X_{X1\Sigma} = [X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}] \div 3 = [X_{\Sigma d3} + X_{\Sigma d3} + X_{0\Sigma}] \div 3 = 38.42 \text{ 毫欧}$$

$$\text{总相零阻抗 } Z_{X1\Sigma} = (R_{X1\Sigma}^2 + X_{X1\Sigma}^2)^{1/2} = 55.75 \text{ 毫欧}$$

### 3.1.4 d<sub>3</sub>点单相接地短路电流

$$I_{d3}^{(1)} = U_e / \sqrt{3} Z_{X1\Sigma} = 4.143 \text{ kA}$$

## 3.2 若利用供电厂白石变电所 10kV 21 格高压柜(废钢 2 号变压器)继电保护中的过电流保护兼做单相接地保护, 其灵敏系数的校验

其灵敏系数规定为:

$$K_m = 2I_{d22} \cdot \min^{(1)} / 3I_{dz} n_b > 2$$

式中:  $I_{d22} \cdot \min^{(1)}$ —最小运行方式下变压器低压母干线末端单相接地稳态短路电流, 即等于  $I_{d3}^{(1)} = 4.143 \text{ kA} = 4143 \text{ A}$ ;

$I_{dz}$ —保护装置一次动作电流;

$n_b$ —变压器变比 10/0.4。

保护装置一次动作电流:  $I_{dz} = I_{dzj} n_1 / K_{jx}$

式中:  $I_{dzj}$ —过电流继电器整定电流 14.5A;

$n_1$ —电流互感器变比 75/5=15;

$K_{jx}$ —接线系数, 取 1。

将上列数值代入下式:

$2I_{d22} \cdot \min^{(1)} / 3I_{dz} n_b = 0.508 < 2$ , 不满足灵敏系数要求。所以, 当变压器低压侧发生单相接地短路时, 过电流保护可能不动作, 极易造成烧毁电缆或烧损变压器绕组的后果。故应装设单独的单相接地保护装置。

## 4 对策措施

### 4.1 断路器型号的选择

因为供电厂白石变电所 10kV 21 格高压柜(废钢 2 号变压器)的继电保护中的过电流保护不能兼做变压器单相接地保护, 所以, 决定在配电变压器低压侧总配电断路器的产品性能、型号、技术参数的选择上, 特别选择带有微电脑智能型的, 并带有单相接地保护装置的新型断路器。对此通过筛选、对比、分析, 选择了 TCL 公司生产的 TIW1 型智能断路器。

## 4.2 2 号变压器低压侧总断路器(TIW1 型)技术参数的计算选择

### 4.2.1 断路器额定电流的选择

$$I_{ez} \geq I_{js}$$

式中:  $I_{ez}$ —断路器脱扣器额定电流;

$I_{js}$ —低压负荷计算电流。

经计算 2 号变压器低压侧总负荷计算电流  $I_{js} = 1784 \text{ A}$ 。

选择断路器额定电流  $I_{ez} = 2000 \text{ A}$ , 壳架等级额定电流 3200A, 则初选 TIW1-3200/3P, 额定电流为 2000A, 有 M 型微电脑智能控制器。

### 4.2.2 各电流脱扣器整定电流计算选择

1) 短路瞬时过电流脱扣器整定电流计算选择

$$I_{zd3} \geq K_{z3} [I'_{qd1} + I_{js(n-1)}]$$

式中:  $K_{z3}$ —断路器瞬时过电流脱扣器可靠系数, 取 1.2;

$I'_{qd1}$ —线路中起动电流最大一台电动机的全起动电流, 其值为电动机起动电流  $I_{qd1}$  的 1.7 倍;

$I_{qd1}$ —线路中起动电流最大一台电动机的起动电流 计算得  $I_{qd1} = 588 \text{ A}$ ;

$I_{js(n-1)}$ —除起动电流最大一台电动机以外的线路计算电流, 经计算得  $I_{js(n-1)} = 1731 \text{ A}$ 。

经计算  $I'_{qd1} = 1.7 \times I_{qd1} = 1.7 \times 588 = 1000 \text{ A}$

$$K_{z3} [I'_{qd1} + I_{js(n-1)}] = 3276 \text{ A}$$

$I_{zd3}$  取 5000A。

校验灵敏度  $I_{d2}^{(1)} / I_{zd3} \geq K_{l2}$

式中:  $K_{l2}$ —断路器动作系数, 取 1.5。

$I_{d2}^{(1)}$ —32m 跨低压配电支路断路器出口处(即  $d_2$  点)单相接地短路电流。

经计算  $I_{d2}^{(1)} = 7673 \text{ A}$

$I_{zd3}$ —短路瞬时过电流脱扣器整定电流 5000A。

$I_{d2}^{(1)} / I_{zd3} = 1.53 \geq 1.5$ , 满足灵敏度要求。TIW1-3200/3P, 额定电流为 2000A 断路器的额定运行短路分断能力为 50kA, 经计算  $d_2$  点三相短路电流  $I_{d2}^{(3)} = 10.165 \text{ kA}$ 。因此, 断路器能够满足三相短路分断要求。

2) 过载长延时过电流脱扣器整定电流计算选

择  $I_{zd1} \geq K_{Z1} I_{js}$

式中:  $I_{zd1}$ —长延时过电流脱扣器整定电流;

$K_{Z1}$ —长延时过电流脱扣器可靠系数, 取 1.1;

$I_{js}$ —2号变压器低压侧总负荷计算电流 1784A。

经计算  $K_{Z1} I_{js} = 1962A$ , 根据 TIW<sub>1</sub>-3200/3P 额定电流为 2000A, 带有 M 型微电脑智能控制器的保护特性, 选择长延时过电流脱扣器整定电流为 2000A, 动作时间 60s。

3) 短路短延时过电流脱扣器整定电流计算选择

$$I_{zd2} \geq K_{Z2} [I_{qd1} + I_{js(n-1)}]$$

式中:  $I_{zd2}$ —短延时过电流脱扣器整定电流;

$K_{Z2}$ —短延时过电流脱扣器可靠系数, 取 1.2;

$I_{qd1}$ —线路中起动电流最大一台电动机的起动电流 588A;

$I_{js(n-1)}$ —除起动电流最大一台电动机以外的线路计算电流,  $I_{js(n-1)} = 1731A$ 。

经计算:  $K_{Z2} [I_{qd1} + I_{js(n-1)}] = 2782A$ , 短延时过电流脱扣器整定电流取 3000A, 定时间选 0.4s。

4) 单相接地保护过电流脱扣器整定电流

根据 TIW<sub>1</sub>-3200/3P, 额定电流为 2000A, 带有 M 型微电脑智能控制器的单相接地保护特性, 选取动作电流  $0.2I_{2e} = 0.2 \times 1804 = 360A$ , 整定时间为 0.4s。

校验单相接地保护的灵敏系数:

$$K_m = I_{d22 \cdot \min}^{[1]} / I_{dz} \geq 2$$

经计算  $I_{d22 \cdot \min}^{[1]} / I_{dz} = 4143/360 = 11.5 > 2$  满足要求。

通过以上计算、校验认定: 对低压总断路器型号 TIW<sub>1</sub>-3200/3P, 额定电流 2000A, 带有 M 型微电脑智能控制器等选择, 以及瞬时、长延时、短延时、单相接地等过电流脱扣器整定电流值选择都是合适的。

## 5 结论

我厂新建变电所于 2006 年 9 月 29 日送电运行。2 台 1250kVA 变压器低压侧总配电断路器选择安装的新型 TCL 公司产 TIW<sub>1</sub>-3200/3P, 2000A 带有 M 型微电脑智能控制器的断路器, 可以在 -25℃ 低温下运行, 具有多种保护、查询、记忆、红光数码显示、监控及各种整定值随机调整改动等功能, 而且选用单相接地短路智能保护, 可在 0.4s 快速、准确地切除单相接地故障, 防止了现场各吊车跨等支路电源电缆以及变压器绕组因单相接地短路电流造成的烧损。从 2006 年 9 月 29 日至 2008 年 12 月 16 日, 经查阅变电所低压开关跳闸记录, 2 台低压总断路器共切除了 6 次单相接地短路故障, 均为现场低压电气设备单相接地或低压配电电缆单相接地。由于增设了单相接地保护, 因此避免了单相接地故障造成的经济损失。经计算, 采用上述措施后, 避免了停产损失、设备故障损失合计 24 万元。

### 参考文献

[1] 航空工业部第四规划设计研究院等编. 工厂配电设计手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983年11月.