

接有小电源上网的 110 kV 系统故障分析和保护调整方案

周建¹ 彭燕¹ 曾俊²

(1. 德阳电业局, 四川 德阳 618000; 2. 华电四川公司宜宾分公司, 四川 宜宾 644600)

摘要: 对接有并网小电源的供电系统在主供电源消失后, 电网中各运行设备的继电保护动作逻辑进行详细分析, 提出利用现有保护装置, 改变上网线路保护装置中的低周减载功能, 将其转变为低周解列功能使用, 保证并网小电源迅速可靠地解列, 选择可行的重合闸投入方式, 使终端变电站恢复正常运行的补充保护方案。

关键词: 故障动作; 故障分析; 保护方案

Abstract: The operation logic of relay protection for the running devices in power grid is analyzed after losing main power supply of distribution system interconnected with small power supply. The supplementary protection program is proposed to change the low-cycle load shedding function of the connected line protection device into the low-cycle disconnection function using the existing protection devices, which could ensure the rapid and reliable disconnection of integrated small power supply. It is also suggested that the feasible reclosing mode can be chosen to make the terminal substation function normally.

Key words: fault action; fault analysis; protection scheme

中图分类号: TM711 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)04-0035-03

0 前言

德阳 110 kV 电网为放射性网络, 其主供电源由本地区的 220 kV 主变压器向本地区的 110 kV 变电站供电。安排 220 kV 变电站一台主变压器 220 kV 侧与 110 kV 侧中性点同时接地, 本地区其余 220 kV 主变压器和 110 kV 主变压器中性点经间隙接地的接地方式运行。

线路保护配置: 线路长度在 10 km 以上的 110 kV 线路开关配置三段式相间距离、三段式接地距离、四段式零序电流保护和重合闸; 线路长度在 10 km 以下的 110 kV 线路开关配置光纤纵差保护、三段式相间距离、三段式接地距离、四段式零序电流保护和重合闸。

110 kV 主变压器零序保护设置情况: 正常方式下主变压器中性点直接接地零序电流保护和间隙接地零序保护同时投入运行, 全局 110 kV 主变压器中性点零序保护改造后: 110 kV 主变压器中性点零序电流保护(整定值: $3I_0 = 200$ A, 2 s 跳主变压器三侧开关)、110 kV 主变压器中性点间隙零序过流、零序过压保护(整定值: $3I_0 = 80 - 100$ A, I 段 0.2 s 跳小电源上网线路开关; II 段 0.5 s 跳主变压器三侧开关)。

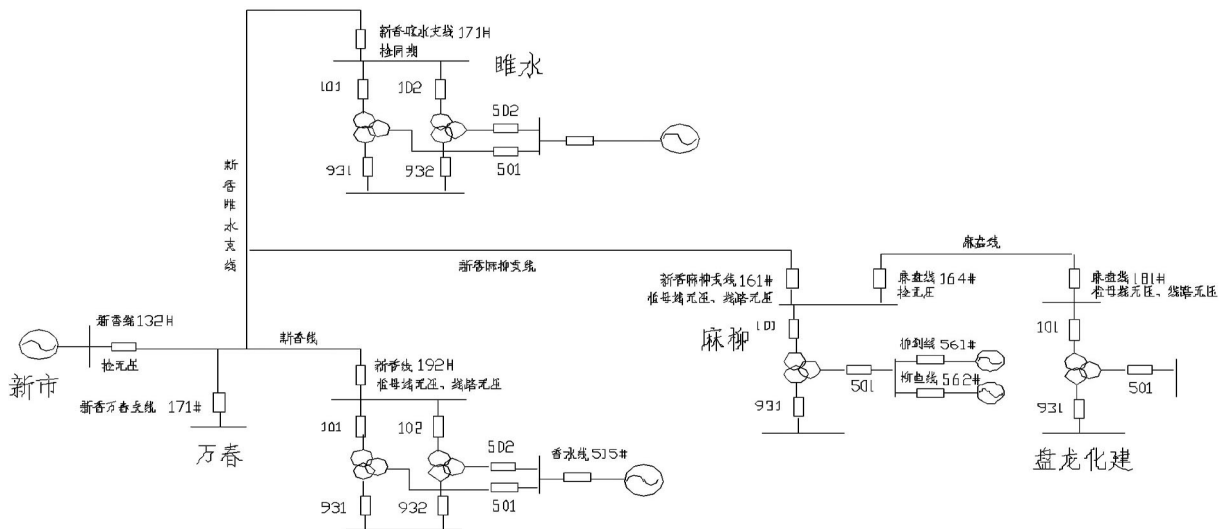
1 事故经过

2011 年 9 月 21 日 9:34 新市变电站 110 kV 新香线 132 号开关接地距离 II 段、零序 II 段动作, 110 kV 新香线 132 号开关跳闸, 重合闸动作, 110 kV 新香线 132 号开关重合成功。故障录波装置显示: 线路 B 相接地故障发展为 BC 相接地故障, 测距 32.1 km。

香山变电站 1 号和 2 号主变压器中性点间隙零序过流 I 段动作 $t = 0.2$ s 跳小电源上网线路 35 kV 香水线 515 号开关、主变压器中性点间隙零序过流 II 段动作 $t = 0.5$ s 跳 1 号和 2 号主变压器三侧开关。

盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙零序过流动作 $t = 0.5$ s 跳 1 号主变压器两侧开关; 110 kV 麻盘线接地距离 II 段动作 $t = 0.5$ s 延时后 110 kV 麻盘线 152 号开关跳闸, 重合闸动作, 110 kV 麻盘线 152 号开关重合成功。

绵阳局 110 kV 新香睢水支线线路 171 号线路保护不对称相继速动动作, 110 kV 新香睢水支线 171 号开关跳闸; 睢水变电站站内配置的故障解列装置动作 $t = 0.2$ s 跳小电源上网线路开关; 110 kV 新香睢水支线 171 号开关重合闸未动作(重合闸投入检同期方式)。



事故时电网运行方式: 新香线(供)香山变电站, 新香线万春支线路对线路充电(万春站内 171 号开关热备用), 新香麻柳支线(供)麻柳变电站(经麻盘线转供)盘龙化建; 新香睢水支线(供)睢水变电站。

图 1 事故时电网接线图

麻柳变电站 35 kV 柳剑线 561 号、柳鱼线 564 号开关过流保护动作, 线路开关跳闸。

2 故障跳闸分析

经检查事故原因: 110 kV 新香睢水支线 25 号塔瓷瓶因雷击损坏。

110 kV 新香睢水支线线路首先发生 B 相瞬时接地故障, 转化发展为 BC 相瞬时接地故障, 新市站 110 kV 新香线 132 号开关接地距离 II 段、零序 II 段动作, 110 kV 新香线 132 号开关跳闸。

在新市变电站 110 kV 新香线 132 号开关即主供电源开关跳闸后, 因接有小电源上网机组, 绵阳局 110 kV 新香睢水支线线路距离保护不对称相继速动动作, 瞬时跳开 110 kV 新香睢水支线 171 号开关; 解网后的睢水地区, 因有功功率严重缺额, 系统频率迅速下降, 睢水变电站站内配置的故障解列装置动作, 跳小电源上网线路开关。

在新市变电站 110 kV 新香线 132 号开关和绵阳局 110 kV 新香睢水支线 171 号开关跳闸后, 因地方小电源并未全部解列, 此时 110 kV 新香线故障点还存在, 接地点电弧并未熄灭, 整个香山、麻柳、盘龙地区形成局部 110 kV 小接地系统, 在这局部小接地系统中, 香山变电站、麻柳变电站、盘龙化建变电站 110 kV 侧会出现很大的零序过电压, 理论上应感受到的 $3U_0$ 为 300 V, 但电压互感器在系统电压升高时铁心会饱和, 故实际可传变出的电压为 220 ~ 230

V, 此过电压将香山变电站 1 号和 2 号主变压器和盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙击穿, 香山变电站 1 号和 2 号主变压器和盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙零序过流保护动作, 香山变电站 1 号和 2 号主变压器中性点间隙零序过流保护 I 段动作 0.2 s 跳小电源上网线路 35 kV 香水线 515 号开关, 1 号和 2 号主变压器中性点间隙零序过流 II 段动作 0.5 s 跳 1 号和 2 号主变压器三侧开关。

盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙零序过流动作, 跳 1 号主变压器两侧开关; 110 kV 麻盘线接地距离 II 段动作, 110 kV 麻盘线 152 号开关跳闸。经现场检查香山变电站 1 号和 2 号主变压器、盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙均有放电痕迹。

麻柳变电站 1 号主变压器因香山变电站 1 号和 2 号主变压器和盘龙化建变电站 1 号主变压器中性点间隙击穿, 香山、麻柳、盘龙地区 110 kV 系统过电压消失, 麻柳变电站主变压器中性点间隙因未击穿, 麻柳变电站主变压器中性点零序过流、零序过压保护不会动作; 在香山变电站、盘龙化建变电站与系统解列后, 麻柳变电站上网的小电源机组继续向故障点输送短路电流, 小电源上网线路过流保护动作(整定时间: 1.0 s) 跳开小电源上网线路开关。

此时新香线上所接电源全部解列, 故障点电弧熄灭, 新市变电站 110 kV 新香线 132 号开关检线路无压, 重合闸动作, 110 kV 新香线 132 号开关重合成功, 110 kV 麻盘线 152 号开关投检母线无压, 线

路无压重合闸方式,重合成功,因睢水变电站110 kV新香水支线171号开关投检同期方式,重合闸不动作,这样恢复了麻柳变电站1号主变压器、香山变电站110 kV母线、盘龙化建变电站110 kV母线供电,但此时,供电区域内仅有麻柳变电站未失压,香山变电站、盘龙化建变电站和睢水变电站仅恢复了110 kV母线空母线,香山、盘龙化建变电站、睢水变电站地区失压。

3 存在问题

110 kV新香线线路发生瞬时接地故障,主电源侧110 kV新香线132号线路保护动作,开关跳闸,绵阳局110 kV新香线睢水支线171号开关跳闸,110 kV系统因有地方小电源存在,故障点电弧未熄灭,香山变电站、麻柳变电站、盘龙化建变电站110 kV侧会出现很大的零序过电压,这零序过电压将香山变电站、盘龙化建变电站主变压器中性点间隙击穿,这时香山变电站、麻柳变电站、盘龙化建变电站110 kV侧的过电压消失,因香山变电站、盘龙化建变电站主变压器中性点间隙击穿,这时在失去主电源的110 kV新香线和110 kV麻盘线上有零序电流流过,麻柳变电站(1号主变压器中性点未击穿)110 kV侧没有零序电流流过,麻柳变电站主变压器中性点间隙零序过流、过压保护均不动作,而麻柳变电站所接小电机组容量过小,麻柳变电站主变压器保护和110 kV新香线麻柳支线保护不会动作,只能靠小电源上网机组所配低周解列装置动作解列,或小电源上网线路过流保护动作,切除小电机组。导致香山变电站、盘龙化建变电站和睢水变电站主变压器跳闸,主电源110 kV新香线132号开关重合成功后,仅恢复了麻柳变电站负荷。

在110 kV新香线线路发生瞬时接地故障时,由于麻柳变电站小电源上网线路开关不能以0.2 s延时切除,实际切除时间1.0 s,是导致香山、盘龙化建变电站、睢水变电站地区失压的根本原因。

综上所述,存在以下问题。

(1) 小电源上网机组所配的低周解列装置因运行维护差,动作可靠性低,不能使小电机组解列。

(2) 靠小电源上网线路开关过流保护动作跳闸,时限太长,其过流时限不能与110 kV主变压器中性点零序保护时限配合,导致香山变电站、盘龙化

建变电站和睢水变电站主变压器跳闸。

(3) 睢水变电站重合闸投检同期方式也是造成睢水变电站地区失压的原因之一。

4 保护改造方案

对接有并网小电源的110 kV输电线路发生瞬时接地故障时,在主电源侧110 kV线路保护动作,开关跳闸后,如所接系统中的小电源上网线路开关均能以小于0.2 s延时可靠跳闸,故障点电弧熄灭,故障消失后,主电源侧线路开关重合成功,局部地区恢复供电,由调度指挥迅速恢复小电源机组供电是并网系统恢复供电的最佳方案。保护改造方案如下。

(1) 利用现有主变压器高后备保护装置,主变压器中性点零序过压或间隙零序电流保护动作后,以0.2 s延时先跳小电源上网线路开关,再以0.5 s延时跳主变压器各侧开关。

(2) 但对于串供有多座110 kV变电站的线路,在电路上发生瞬时接地故障时,因只有部分主变压器中性点击穿,局部地区过电压消失,导致主变压器中性点未击穿的变电站上网线路开关不能迅速解列,为此提出,利用上网线路开关配置的线路保护中的低周减载功能,将低周减载中的滑差闭锁功能退出,将保护装置的低周减载功能转变为低周解列功能使用,定值设置为48 Hz,0.2 s出口跳闸。

(3) 对接有并网小电源的110 kV输电线路负荷侧线路开关重合闸均投检母线无压、线路有压方式,保证在主电源侧线路开关重合闸成功和小电源上网线路开关跳闸后,保证负荷侧线路开关重合闸动作成功。

5 结 语

对接有并网小电源的供电系统在主电源消失后,电网中各运行设备的继电保护动作逻辑进行详细分析,提出利用现有主变压器高后备保护装置,以较短时间首先跳上网小电源线路开关,再以一较长时间跳主变压器各侧开关;将所有上网小电源线路开关保护装置中的低周减载功能转变为低周解列功能使用,保证并网小电源迅速可靠地解列;负荷侧线

(下转第72页)

实际电量应为 $(-3-1) \times (-200) = 800 \text{ kWh}$ 。

(5) 本抄表周期的实际收费电量 = $6\ 000 - 4\ 500 + 800 = 2\ 300 \text{ kWh}$ 。

3.2 相对误差法

3.2.1 电能表误差的基本知识

由于电能表自身结构上以及其二次接线的原因和外界条件的影响,使得它所测得的电量与负载实际消耗的电量是有差别的,这种差别称为电能表的误差。

电能表的误差用相对误差表示,所谓相对误差即被测电量的绝对误差与实际值的百分比。按误差产生的原因,电能表的误差又可分为基本误差与附加误差。在规定的条件下(例如:电压为额定值、频率为 50 Hz、环境温度为 20 °C、无外磁场影响等)测得的相对误差称为基本误差,电能表的准确等级就是根据基本误差确定的,例如 2.0 级的电能表,其基本误差应不超过 $\pm 2.0\%$ 。由于外界条件变化引起的误差称为附加误差,产生附加误差的主要原因有:电压、频率、环境温度的变化,相序的改变等。

3.2.2 用相对误差求更正电量

当测量出了电能表的实际误差后,即可根据下列公式求出其更正电量。

$$\Delta W = \frac{r}{1+r} \cdot W' \quad (4)$$

式中, r 为电能表在实际运行环境下的相对误差, $\%$; W' 为上次校验或换装后投入之日起至误差更正之日止的抄见电量。

式(4)中的 r 不仅包括由于电能表本身结构或调整不当等原因产生的误差,而且还包括由于接线

错误而产生的计量误差。

3.2.3 相对误差法应用举例

2011年6月30日,电力公司例行对供区内某铸钢厂计量表计进行现场校验时,现场发现客户计量装置封印完好,但其电能表误差为 -5.0% ,另已知该表于2010年12月30日由电力公司安装,运行期间累计抄见电量为 30 000 kWh,求追补的电量。

解:因为该表计超差并非由客户原因引起,根据《供电营业规则》第80条第1款之规定,应补收该客户电量为

$$\Delta W = \frac{r}{1+r} \cdot W' \cdot \frac{1}{2} = -789 \text{ kWh}$$

即:应补收该客户电量为 789 kWh。

4 结 语

伴随着电力事业的发展以及电力技术的日新月异,电能计量装置也在不断变化,但无论怎样电能计量装置始终会有出现故障的时候,所以不仅要跟上技术发展的脚步,还应掌握最基础的原理及分析方法,一旦计量发生错误,这些方法将有助于及时解决问题。

参考文献

- [1] 国家电网公司人力资源部. 电能计量[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 孙方汉, 王新, 杜启刚. 电能计量及其管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

(收稿日期: 2012-04-12)

(上接第37页)

路开关重合闸均投检母线无压、线路有压方式,使接有并网小电源的 110 kV 输电线路在发生瞬时接地故障时终端变电站恢复正常运行的保护方案。此方案简单可靠,易于实现,提高了电网供电可靠性。

参考文献

- [1] DL/T 584-95 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
- [2] 崔家佩, 孟庆炎, 陈永芳, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.

- [3] GB/T 14285-2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S].

作者简介:

周 建(1968),男,工程师,主要从事与电力系统相关的工作;

彭 燕(1968)女,工程师,主要从事与电力系统相关的工作;

曾 俊(1974),男,工程师,主要从事热工技术。

(收稿日期: 2012-05-28)