线路保护中 PT 断线判据的分析和改进

吴红斌[1],丁 明[1],宋金川[2],李生虎[1]

(1. 合肥工业大学电气与自动化工程学院,安徽 合肥 230009; 2. 烟台东方电子信息产业股份有限公司,山东 烟台 264001)

摘要: PT断线作为电力系统中一种常见的故障,能否及时有效地进行判别,是继电保护装置正确动作的前提条件。针对 PT断线的特点,在对不同厂家的判据进行了分析后,结合一次现场实例,指出了目前判据中存在的不足之处,给出了一种 PT断线的实用判据。根据该判据开发的线路保护装置已经在现场投入使用,证明了该判据的工程实用价值。

关键词: 线路保护; PT断线; 判据

中图分类号: TM712 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2004)03-0063-03

0 引言

变电站中 PT 发生断线事故,是一种常见的故障。一旦 PT断线失压,会使得保护装置的电压量发生偏差,而电压量的正确获取是距离保护、带方向闭锁以及含低电压启动元件的过流保护能否正确动作的先决条件。在中性点不接地系统中,单相接地时具有以下特点[1]:接地相的对地电压变为零,其它两相的对地电压升高$\sqrt{3}$倍,而三相中的负荷电流和线电压仍然是对称的。因此在中性点不接地系统线路保护装置中,PT断线的判据应该能够区分单相接地故障和不对称断线。

PT三相失压(对称断线)的判断,各个厂家基本相同,都是按照三相无压,线路有流进行判断的。而对于 PT不对称断线,则不尽相同。

本文在分析 PT断线的特点后,具体针对不同厂家的 PT不对称断线的判据,结合一次现场的实际事故,指出目前这些判据在现场应用时可能存在的不足之处,给出了一种实用的 PT断线判据,经过现场应用后,证明了该判据的正确性和工程实用价值。

1 PT断线的特点

PT断线一般可以分为 PT一次侧断线和二次侧断线,无论是哪一侧的断线,都将会使 PT二次回路的电压异常。

PT一次侧断线时,一种是全部断线,此时二次侧电压全无,开口三角也无电压;另一种是不对称断线,此时对应相的二次侧无相电压,不断线相二次电压不变,开口三角有压。

PT二次侧断线时,PT开口三角无电压,断线相相电压为零。

2 几种不同的 PT不对称断线判据

由于 PT三相对称断线的判据基本相同,因此本文主要对 PT不对称断线的判据进行分析。

目前,国内厂家对于 PT不对称断线的判据各有不同,以下述的三种判据为例。

判据一:负序电压大于 8 V。

该判据是利用 PT不对称断线时,存在负序电压,而单相接地故障时,负序电压为零的特点来进行 PT不对称断线的判断的。

判据二:三相电压的向量和大于 18 V,并且至少有一线电压的模值之差大于 20 V。

三相电压的向量和大于一指定值(18 V),是不对称断线的主要特征,"至少有一线电压的模值之差大于 20 V",用来考虑在中性点不接地系统中,单相接地故障时,三相的线电压仍然是对称的,以此来区分单相接地故障和不对称断线。

判据三:存在一线电压的模值之差大于 18 V。

该判据同判据二一样,也是通过线电压的模值之差作为 PT不对称断线的判据,并且是以此来区分单相接地故障和不对称断线的。

经过分析后,结合 PT不对称断线的特点,可以看出:以上三种不同的 PT不对称断线的判据都有其正确性,并且从运行效果来看,还是不错的。在 PT一次侧不对称断线时能够正确动作,一般情况下,在 PT二次侧不对称断线时,也能够正确动作。

作者在从事微机线路保护装置产品开发过程中,曾参照使用过判据二所示的 PT不对称断线判据,装置在投入运行后一直未出现过 PT断线误发或拒发告警信号的事故。但是在 1999 年,该微机线路保护装置在山东省一变电站现场投运过程中,在做

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

PT二次侧两相断线测试时,保护装置拒发告警信号。

以下对该变电站的接线形式和保护装置拒发告警信号进行分析。

3 一次现场事故的分析

3.1 现场接线

该变电站的现场接线形式如图1所示。在该段母线上,并联有 M 个采用线电压输入方式的装置和 N 个采用相电压输入方式的装置。用户在调试的过程中,发现PT二次侧两相断线时,装置拒发告警信号,现分析之。

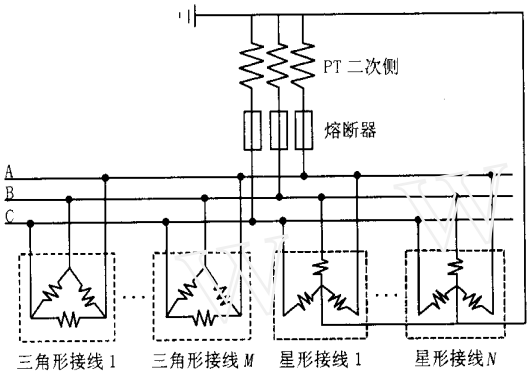

图1 电压输入接线图

Fig. 1 Connection diagram of voltage input

3.2 事故分析过程

在以下的分析中,基于以下的假设条件:

1) 不论线电压输入还是相电压输入装置内部的电压变换器三相阻抗完全对称;

2) Z_1 为所有线电压输入的装置内电压变换器的阻抗, Z_2 为所有相电压输入的装置内电压变换器的阻抗;

3) Z_1 和 Z_2 之间存在线性关系: $Z_2 = k * Z_1$, k 为实数;

4) PT断线前,三相电压对称运行。

3.2.1 单相断线

以A相为例,当A相发生断线时,由于电容器和线路保护装置中各自引入的电压变换器接线不一致,三角形接线和星形接线之间形成回路,使得装置测得的A相仍然有电压,此时PT二次侧的接线示意图和电压向量图如图2所示。

A相电压的计算公式为:

$$U_a = \frac{k}{1+2k}(U_b + U_c) \tag{1}$$

对于系数 $k/(1+2k)$: k 越小,其值越小; k 越大,其值也越大,但最大不会超过0.5。

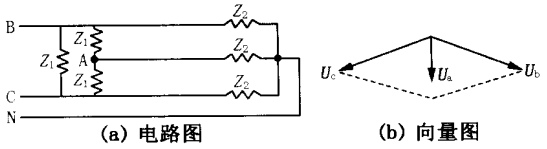

图2 单相断线分析

Fig. 2 Single phase open analysis

此时,如果三相电压的不对称度不大,三相电压的向量和肯定大于18 V,同时也存在线电压模值之差大于20 V,装置能发PT断线信号。

3.2.2 两相断线

以A B两相为例,当发生两相断线时,同单相断线一样,此时测得的A、B相也有电压,此时PT二次侧的接线示意图和电压向量图如图3所示。

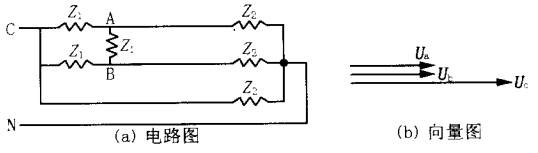

图3 两相断线分析

Fig. 3 Double phases open analysis

A相电压的计算公式为:

$$U_a = U_b = \frac{k}{1+k}U_c \tag{2}$$

对于系数 $k/(1+k)$: k 越小,其值越小, k 越大,其值也越大,但最大趋近于1.0。

此时三相电压的向量和大于18 V,如果 k 较大,三个线电压的模值之差可能都小于20 V,会导致PT发生断线时拒发报警信号。这就是该变电站在两相断线时,拒发断线告警信号的原因。

另外,设 U_2 为负序电压,其计算公式为

$$|U_2| = \frac{1}{3\times(1+k)}|U_c| \tag{3}$$

如果 k 值较大,则利用负序电压大于8 V作为不对称断线的判据也有可能不成立,装置也会拒发告警信号。

4 实用的PT断线判据

根据第3节的分析可以看出,在图1所示的接线形式中,如果 k 值较大,则判据一、二、三都有可能导致PT二次侧两相断线时保护装置拒发告警信号。

结合PT对称断线和不对称断线的特点进行分析后,在开发装置的过程中,对于PT断线的判据重新进行了修正:

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

①存在一线电压小于 70 V,且某一相电流大于 0.04 I_n,用于检测三相失压和不对称断线;

②负序电压大于 8 V,用于检测不对称断线。满足上述任一条件后,延时 3 s 报 PT 断线。

判据 ①主要是用来判别对称性三相断线的,同时又是对不对称断线的补充。其中加上电流闭锁条件,是用来防止保护装置在调试过程中未加任何电压量时误发告警信号。

判据 ②则是专门用于对 PT 发生不对称断线时进行判断的。

针对上述现场情况,结合 PT 断线的特点,对该判据的动作行为分析如下:

PT 二次侧单相断线时,其它两相的电压保持不变,随着 k 值的不同,判据 ①可能动作,也可能不动作,但存在负序电压,故判据 ②肯定动作,装置能够正确发告警信号。

PT 二次侧两相断线时,未断线相的电压保持不变,断线两相的电压随着 k 值的变化也变化,此时判据 ②可能动作,也可能不动作。但判据 ①存在一线电压小于 70 V、线路有电流的条件会满足,故装置也能够正确发告警信号。

PT 发生三相对称断线时,判据 ①能够正确动作,判据 ②不动作。

5　结语

在对上述的 PT 断线判据进行改进后,在实验室做了相关的实验,并对现场程序进行了更换,重新对 PT 断线的功能进行了测试,在两相断线时,装置运行正常,发告警信号。

参考文献:

[1]　贺家李,宋从矩(HE Jia-li,SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(第三版)(Principle of Protective Relaying in Electric Power Systems,Third Edition)[M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press),1994.

收稿日期:　2003-04-25;　**修回日期**:2003-07-08

作者简介:

吴红斌(1972-),男,博士研究生,讲师,主要从事电力系统保护与控制、电力电子技术在电力系统中应用的研究;

丁　明(1956-),男,教授,博士生导师,主要从事电力系统可靠性、电力市场、电力电子、可再生能源技术等领域的研究和教学工作;

宋金川(1973-),男,工程师,长期从事继电保护装置的开发研制工作。

Analysis and improvement of PT breaking criterion in line protection

WU Hong-bin[1], DING Ming[1], SONG Jin-chuan[2], LI Sheng-hu[1]

(1. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. Yantai Dongfang Electronic Information & Industry Co., Ltd, Yantai 264001, China)

Abstract: It is the precondition for protection's correct operation to verify PT breaking in time, which is a common fault in power system. Based on the characteristics of PT breaking and analysis of the criteria of different manufacturers, this paper points out the disadvantages of current PT breaking criterion. At last, it provides a practical criterion which has been applied to line protection, and the results reveal its usefulness in engineering.

Key words: line protection; PT breaking; criterion

我国正在运行的核电站全部实现核燃料国产化

我国核燃料工业经过几十年的发展,已经建立起一套完整的核燃料循环工业体系。目前我国正在运行的核电站全部实现核燃料国产化,部分核燃料还用于我国出口巴基斯坦的恰希玛核电站。

中国核工业集团公司总经理康日新对记者介绍说,从目前探明的储量来看,我国的铀资源能够满足核电发展的需求。他说,我国已建立的核燃料循环工业体系,包括铀矿勘探、铀矿开采,铀的提取、铀同位素分离、核燃料元件制造、乏燃料后处理、核安全防护、环境保护和三废处理等。我国的核燃料工业在关键环节上实现了生产能力的跨越和技术水平的提升,在一些重要环节上已接近或达到国际先进水平。

目前,我国铀浓缩已经完成了由扩散法向离心法的过渡,效率大为提高,生产成本大大降低,年生产能力达到 1100 吨/分离功。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net