

用光纤纵差作为线变组保护的方案

田广宇

(南京中德保护控制系统有限公司, 江苏 南京 210061)

摘 要: 工业用户常常用到线路变压器组的供电方式, 而差动保护因其良好的选择性和可靠性, 是主保护的首选。但是在运营过程中发现使用变压器差动保护存在死区, 无法对于线路部分的故障进行保护, 本文主要针对线变组的供电方式, 分析使用变压器差动保护装置的局限性, 并提出使用一套光纤差动保护装置为线路和变压器共同提供主保护的方案。

关键词: 线变组; 光纤纵差保护; 死区; 7SD610

0 引言

近年来工业用户经常会应用到大功率电动机, 需要独立配置变压器为电动机及其外围设备供电, 变压器通常安装在电动机的厂房内, 通过架空线或电缆与附近的变电所相联。由于是厂区内就近供电, 所以线路距离较短, 为节省投资, 线路和变压器之间不架设断路器, 这就是线变组供电方式, 如图 1。一些工业用户的自己上的小型发电厂也用这种方式将发出的电力送到厂内变电站中。

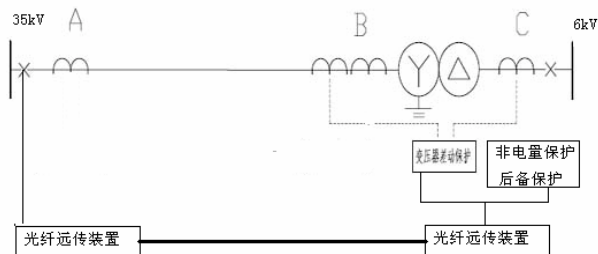


图1 线变组供电方式

线变组中的线路和变压器中间没有架设断路器, 但为了保护的需要, 它们之间架设了电流互感器。变压器通常配置差动保护, 后备保护, 非电量保护; 对于线路部分, 由于距离短, 应用距离保护困难, 而且变压器保护跳闸信号需经过光纤远传装置远传去跳线路对侧开关, 变压器差动保护, 后备保护, 非电量保护的开出节点通过硬接线连接光纤远传保护的开入, 由光纤远传装置的直跳功能实现变压器保护跳对侧的开关。见图 2。

经过分析, 上面这种保护配置存在动作死区, 如果 A 和 B 之间的线路存在短路故障时, 变压器差动保护不会动作, 也就是说线变组里的线路部分并

不在保护的范围内。现在利用西门子 7SD610 光纤差动保护装置即可以为线路和变压器共同提供主保护, 既可减少电流互感器和保护单元等一二次设备的投资, 也能大大减少接线和调试工作。本文将着重讨论这种方案的可行性。



图2 使用光纤差动保护作为线变组的主保护

1 线变组光纤差动保护的实现

1.1 光纤差动保护应用于线变组所面临的问题

线变组中的线路距离较短, 一般为几百米到几公里左右, 无论是正常运行还是变压器发生故障, 线路两侧 A 和 B 的 CT 流过的一次电流几乎相同, 从这点来看, 线变组光纤差动保护的動作特性接近于线变组内单个变压器的纵差保护。

所以光纤线变组差动保护既要解决数据同步的问题, 又要解决变压器纵差保护特殊算法问题: 即电流矢量变换、CT 变比补偿、涌流制动(一般采用二次谐波制动)和严重故障时的差动速断。

西门子 7SD610 光纤纵差保护在作为线变组光纤纵差保护使用时, 可实现变压器两侧 CT 不同的极性组别和 CT 变比的匹配, 并具有二次谐波抑制涌流功能。保护算法中加入了跟变压器差动保护的算法类似的星型接线和三角型接线间的角度转换。并能自动计算并补偿两侧 CT 误差, 如图 3 所示。

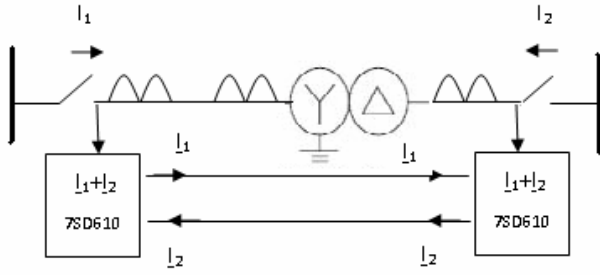


图 3 线变组差动保护 7SD610 的基本工作模型

系统各侧各装有一个保护装置，各侧的保护装置分别检测当地电流，同时将本侧的电流通过光纤传送到其它侧以便与各侧电流进行比较。若保护对象为一条线路，设一侧电流为 \dot{I}_1 ，另外一侧电流为 \dot{I}_2 。理论上，在正常工作情况下保护两侧电流满足如下方程

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 0 \quad (2)$$

而在线路内部故障时，保护两侧电流满足的条件为下式所示：

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \dot{I}_{fault} \quad (3)$$

式中 \dot{I}_{fault} 为故障电流。

1.2 算法处理

光纤差动保护首先要解决的是数据同步问题。线变组中的线路距离较短，可以采用专用光纤通道，数据同步算法采用成熟的采样数据修正算法。

西门子 7SD610 光纤纵差保护对于电流矢量变换和 CT 补偿方式是，数据同步完成后，将一套光纤差动装置看成两个独立的变压器差动保护装置，两侧保护装置各自依据变压器差动保护的算法对高低压两侧的电流进行相同的矢量变换和变比补偿。由于采样数据修正的同步算法传输的是电流矢量。

西门子 7SD610 光纤纵差保护数据同步和折算过程不会影响电流中各个谐波分量的比例关系，所以可以采用二次谐波比例制动方式来防止投切变压器时差动误动作，同时配置差动速断。对于光纤差动保护，需要在两侧装置同时设置二次谐波制动和差动速断。

1.3 装置动作特性

7SD610 差动保护的動作特性如图 4 所示。

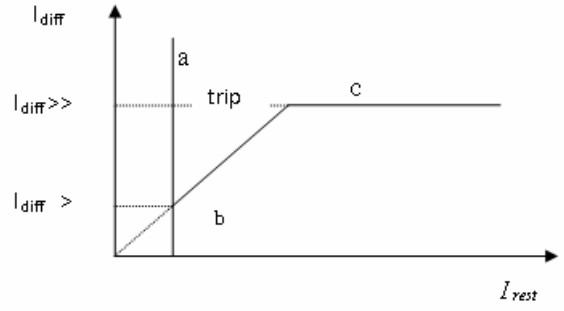


图 4 7SD610 差动保护的動作特性示意图

横坐标为制动电流 \dot{I}_{rest} ，纵坐标为差动电流 \dot{I}_{diff} 。 \dot{I}_{diff} 为差动起动电流，其主要跟线路的充电电流有关，一般为 2-2.5 倍的充电电流，同时要大于 15% 的额定工作电流。 \dot{I}_{diff} 为充电补偿高速段，直线 a 为向右平移 \dot{I}_{diff} 并跟纵坐标平行，直线 b 为过原点斜率 k 为 1 的直线，直线 c 为 \dot{I}_{diff} 高速段。由直线 a、直线 b 与直线 c 组成的“trip”部分为装置的动作区。

1.4 保护动作判据

装置的动作判据如式（4）、（5）所示。

$$\left| \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \right| > \dot{I}_{diff} \quad (4)$$

$$\left| \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \right| > \dot{I}_{rest} \quad (5)$$

式中 \dot{I}_{diff} 为差动保护的起动电流， \dot{I}_{rest} 为制动电流。

装置的制动电流计算如(6)式所示：

$$\dot{I}_{rest} = \dot{I}_{diff} + \sum (I_{error}) \quad (6)$$

式中 $\sum (I_{error})$ 为综合误差电流总和。

由式（6）可以看出制动电流跟通常的取法不一样，它为差动起动电流 \dot{I}_{diff} 及所有误差引起的系统的综合误差电流 $\sum (I_{error})$ 之和。

2 线变组差动保护的灵敏度

2.1 CT 不饱和情况下的分析

以保护线路为一条线路为例。当发生穿越性故

障时, 由于 CT 不饱和, 两侧装置能在误差允许范围内正确反映各侧的电流, 因而差动电流为:

$$\left| \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \right| > \dot{I}_{diff} \quad (7)$$

制动电流为:

$$I_{rest} = I_{diff} + \frac{I_1}{I_N} \cdot P_{error} + \frac{I_2}{I_N} \cdot P_{error} + \sum I'_{error} \quad (8)$$

式中 P_{error} 为 CT 数据采集及传输误差系数,

$\sum(I'_{error})$ 为装置除 CT 误差以外的其它误差和, 包括装置硬件软件误差, 频率偏移误差, 传输误差。默认值当 CT 二次侧为 1A 时其值为 0.015, 当 CT 二次侧为 5A 时其值为 0.075。在不发生故障时很显然 $\dot{I}_{diff} < \dot{I}_{rest}$, 而由装置动作特性可以看出保护发生动作条件为 $\dot{I}_{diff} / \dot{I}_{rest} = 1$, 因而在不故障情况下不会发生误动。

当发生内部故障时, 保护装置的差动电流计算方程如下:

$$I_{diff} = \frac{I_1}{I_N} + \frac{I_2}{I_N} + \sum(I_{error}) \quad (9)$$

而 I_{rest} 仍按照式(8)进行计算, 此时 CT 误差系数 P_{error} 通常取为 0.05, 而 I_{diff} 通常也在 0.2 以下, 显然 $I_{diff} > I_{rest}$, 即 $I_{diff} / I_{rest} > 1$ 装置可靠动作。

2.2 CT 饱和情况下的分析

对于 CT 饱和的情况, 当 7SD610 保护装置的二次测量值大于 CT 二次额定值时, 装置会自动调整 CT 误差系数, 一般将其增大为 0.15, I_{rest} 方程式也随之改变, 制动电流计算值会相应增大。

2.3 零序滤过算法

国内常用的变压器接线方式一般为 Y/D-11 或 D/Y-11, 这两种接线方式的变压器不传变零序电流。为达到电流平衡, 线变组差动保护装置需对星型侧的电流作零序滤过处理。投入零序滤过算法的另外一个原因是保证区外接地故障时差动保护的稳定性。如图 5 中区外发生接地故障, 区内的变压器

的中性点接地时, 故障零序电流会流过线变组的星型侧 CT, 而三角形侧 CT 不会有零序电流流过。如果差动保护装置的算法没有零序电流滤过功能, 那么差动保护装置就会检出差动电流, 可能会误动出口, 西门子 7SD610 光纤纵差保护加入了零序电流滤过功能, 能够有效防止运行过程总发生区外接地故障时的误动作。



图 5 区外接地故障零序电流流向

随着线路过渡电阻的增加, 线路差动保护动作和线变组差动保护对于线路故障的灵敏度会有所不同。在比较恶劣的情况时, 线变组差动保护可能不会动作, 而线路差动保护可能还可以动作。但从目前应用线变组差动保护的场合来看, 多为 110kV 电压以下等级, 线变组差动保护能够满足接地过渡电阻的要求。如果需要反应更高的接地电阻的线路故障, 可以投入零序保护作为补充。

3 结论

本文介绍了线变组光纤差动保护方案经特殊的算法处理能够保护区内的变压器, 也能保护区内线路。分析了西门子 7SD610 光纤纵差保护的基本原理和动作特性, 西门子 7SD 系列装置是一种具有可靠性、兼容性、灵活性等特点的光纤纵差保护, 该装置作为线变组差动保护已在中石化等工业用户得到成功应用。

参考文献:

- [1] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[J]. 北京: 中国电力出版社, 1994.
- [2] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[J]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
- [3] SIPROTEC Differential Protection 7SD610 manual, 2001.
- [4] 丁网林, 骆健, 金乃正, 等. 一种新型纵差保护的原理及应用[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(3), 77-79, 81.

作者简介

田广宇(1980-), 男, 汉族, 河南人, 本科学历, 主要从事变电站综合自动化和微机保护的研究和应用, E-mail: 13815877589@139.com.