

变压器差动保护双重化原理配置的讨论

杨恢宏¹, 谢百煌², 毕大强³, 张学深¹

(1. 许继电气保护及自动化事业部, 河南 许昌 461000; 2. 陕西省电力公司调度中心, 陕西 西安 710004;
3. 清华大学电机系, 北京 100084)

摘要: 变压器保护采用双主双后配置后, 不同原理的差动保护应该是何种解决差动保护的速动性和灵敏性的问题, 而不是采用不同原理识别励磁涌流的问题, 两台装置的差动保护的配置应该完全一样, 每台装置中配置不同原理的差动保护和相同原理差动保护的不同动作特性来解决差动保护的灵敏性和速动性。

关键词: 差动保护; 励磁涌流; 双重化; 灵敏性; 速动性

中图分类号: TM772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)10-0004-03

0 引言

比率制动纵差保护(以下简称差动保护)是变压器内部故障的主保护^[1], 它的正确动作与否关系到变压器的安全和经济效益, 它的动作速度关系到电网的安全稳定。对于 220 kV 及其以上电压等级的变压器保护一般采用双主双后的配置, 一台保护装置完成变压器的所有电量保护, 用两台装置实现变压器保护的双重化配置, 为了使两台装置有自身的特点, 提出了不同原理的差动保护。本文分析了目前采取不同原理的差动保护配置的优缺点, 并提出不同原理的差动保护应该是针对不同故障类型配置差动保护的不同动作特性或采取原理不同的差动保护来解决差动保护的灵敏度和速动性。

1 差动保护

差动保护逻辑可以分为两类, 一类为差动保护的闭锁逻辑, 一类为差动保护的闭锁逻辑, 差动保护的闭锁逻辑如图 1 所示。

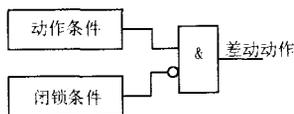


图 1 差动保护逻辑

Fig 1 Differential protection operation logic

差动保护的闭锁条件主要有三个:

- (1) 励磁涌流闭锁。
- (2) CT断线闭锁。
- (3) 为了防止区外故障 CT饱和差动误动还要

增加 CT饱和闭锁。

1.1 基于不同识别励磁涌流原理差动保护双重化

目前不同原理的差动保护体现在它的闭锁逻辑

不同, 即一台装置采用二次谐波制动原理来识别励磁涌流, 另一台装置采用波形识别的原理来识别励磁涌流, 两台装置的动作逻辑一样。变压器保护采用双重化配置的目的是防止保护装置由于元器件的损坏造成保护拒动, 但如果一台装置由于原理不完善造成保护误动就达不到双重化配置的目的。两种识别励磁涌流的原理都是基于对变压器涌流波形的分析后提出的, 从某种程度上说它们都是对励磁涌流的波形的认识, 空投变压器时差动保护是否动作完全取决于励磁涌流的判别。以励磁涌流波形特征为依据的防止变压器空投时的差动保护误动措施, 均不能保证变压器差动保护在空投变压器时 100% 不误动^[2], 将二次谐波制动原理与波形识别原理两种励磁涌流鉴别判据简单地配置到不同的装置中, 将增加保护误动的几率。如果将励磁涌流识别判据有机地结合起来, 即利用二次谐波原理并采用“或”闭锁方式, 保证空投变压器时差动保护可靠不动。在采用“或”闭锁的同时利用波形识别原理来判断一次电流过零点附近的数据来区分是故障还是涌流, 保证空投故障变压器时快速开放差动保护, 那么两台装置都应该采用相同的具有上述特点的励磁涌流识别判据, 保证两台装置在空投变压器时可靠不动, 没有必要为了采用不同识别励磁涌流原理的差动保护增加空投变压器时差动保护的误动概率, 不同原理的识别励磁涌流判据也增加了差动保护在区外故障切除、线路故障切除再重合闸以及非同期合闸的过程中差动保护误动概率。

1.2 不同原理的差动保护

研究差动保护就是研究它的选择性、速动性、可靠性、灵敏性的辩证统一关系, 目前差动保护的动特性为三折线, 如图 2 所示。不管变压器内部发生何种类型故障, 差动保护的动特性和闭锁逻辑完

全一样,就导致差动保护在变压器内部发生轻微故障时灵敏度不够,发生严重故障时动作速度不快,配置不同原理的差动保护就是要解决差动保护的速动性和灵敏性的问题。

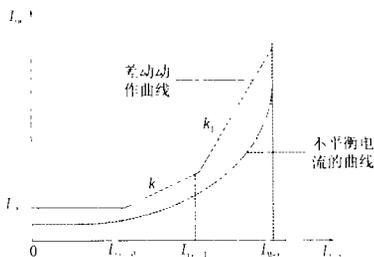


图 2 差动保护动作特性

Fig 2 Differential protection operation zone

图中: I_{op} 为动作电流, $I_{op,0}$ 为整定的最小动作电流, I_{res} 为差动保护的制动电流, $I_{res,0}$ 为整定的最小制动电流, $I_{res,1}$ 为第二个拐点的制动电流, I_{max} 为区外故障时差动保护最大的制动电流, k 为整定的比率制动系数, k_1 为固定的高比率制动系数。

1.2.1 灵敏度问题

差动保护的灵敏度取决于制动电流的选取,纵向比率差动保护的制动电流采用相电流,在重载的情况下发生轻微匝间故障和高阻接地故障时,差动保护的動作区在拐点附近,如图 3 的阴影部分所示,灵敏度较低。

为了解决轻微匝间故障的灵敏度,配置故障分量的差动保护,故障分量差动和纵向比率差动保护的差动电流大小基本一致,但是制动电流却完全不同。纵向比率差动保护的制动电流采用相电流,其中包括负荷电流,而故障分量的制动电流只含有故障电流,不包括负荷电流,由于故障分量的制动电流比纵向比率差动保护的制动电流小,所以故障分量差动保护具有更高的灵敏度。高阻接地故障时,由于纵向比率差动保护和故障分量差动的差动电流不包括故障电流中的零序电流,为了提高高阻接地故障的灵敏度,必须在降低制动电流的基础上,同时让差动保护的動作电流包括零序电流,所以配置零序差动或分侧差动,并且零序差动的制动电流选择零序电流,为了防止区外相间故障零序差动误动,增加相应的区外相间故障的闭锁逻辑。

通过配置故障分量差动保护解决轻微匝间故障的灵敏度,配置零序差动或分侧差动解决高阻接地故障的灵敏度。

图 3 中: I_{op} 为动作电流, $I_{op,0}$ 为整定的最小动作

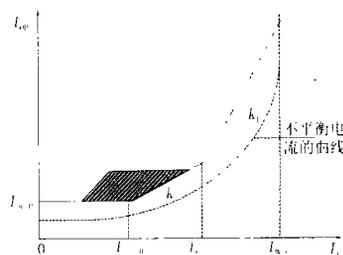


图 3 轻微故障差动动作区

Fig 3 Differential protection operation zone of weak fault

电流, I_{res} 为差动保护的制动电流, $I_{res,0}$ 为整定的最小制动电流, $I_{res,1}$ 为第二个拐点的制动电流, I_{max} 为区外故障时差动保护最大的制动电流, k 为整定的比率制动系数, k_1 为固定的高比率制动系数。

1.2.2 速动性问题

比率差动保护需要考虑励磁涌流和区外故障 CT饱和的影响,也就是说比率差动保护要经过励磁涌流和 CT饱和的闭锁,研究比率差动保护的速动性关键在于研究如何解除该保护的励磁涌流和 CT饱和和闭锁的问题。分侧差动保护虽然不考虑励磁涌流闭锁问题,但是要考慮区外故障 CT饱和问题,同时它不能保护变压器的匝间故障。下面分析怎样解除比率差动保护的励磁涌流和区外故障 CT饱和的闭锁问题。

以双端系统为例分析变压器发生各种故障时差动保护中動作电流与制动电流的比值关系。

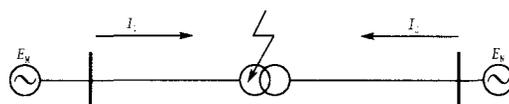


图 4 双端系统

Fig 4 Two-side system

按图 4所示的方向,在变压器发生故障时,差动保护動作电流与制动电流的比值为:

$$A = \frac{I_{op}}{I_{res}} = \frac{|I_1 + I_2|}{|I_1 - I_2|}$$

变压器内部发生严重故障时 $A > 1$,空投变压器、空投故障变压器和单侧电源故障时 $A = 1$,区外故障和区外故障 CT饱和时 $A < 1$,根据 A 的大小可以将差动保护的動作区划分为三部分,如图 5所示。对于大部分的三圈变压器尤其是系统中的大型的联络变压器都是双侧电源,差动保护的動作速度直接影响到系统的稳定运行,解决差动保护的速动性只需要设置一段 $A > 1$ 的差动保护速动段,由于 $A > 1$ 就可以不考虑励磁涌流和区外故障 CT饱和的影

响,其动作速度由故障电流和采用的算法决定,采用快速算法区其典型的动作时间为 10 ms,速度段的动作逻辑见图 6。

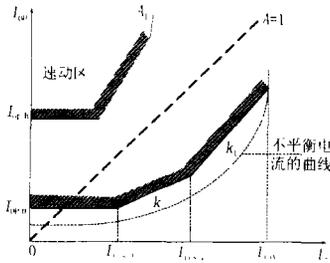


图 5 差动保护的動作特性

Fig 5 Differential protection operation zone

图中: I_{op} 为动作电流, I_{op0} 为整定的最小动作电流, I_{oph} 为速动段的最小动作电流, I_{res} 为差动保护的制动电流, I_{res0} 为整定的最小制动电流, I_{res1} 为第二个拐点的制动电流, I_{max} 为区外故障时差动保护最大的制动电流, k 为整定的比率制动系数, k_1 为固定的高比率制动系数, A_1 为过原点的比率差动保护的速动段的制动系数, 并且 $A_1 > 1$ 。

速动段的动作逻辑见图 6。

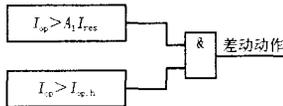


图 6 速动段的動作逻辑

Fig 6 Quick differential protection operation logic

2 结束语

分析变压器保护采用双主双后的配置后不同原

理的差动保护应该考虑如何解决变压器内部故障的灵敏度和速度性的问题,并提出通过配置不同原理的差动保护(故障分量差动、零序差动、分侧差动)来解决变压器差动保护灵敏度的问题,同种原理的差动保护通过配置不同的动作特性来解决差动保护的速动性,两台变压器保护装置中差动保护的配置应该一样,每台变压器的保护装置应该配置不同原理的差动保护和不同动作特性的差动保护以解决差动保护的灵敏度和速动性。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
WANG Wei-jian Relay Protection of Main Electric Equipment Their Theory and Applications [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.
- [2] 王维俭. 变压器保护运行不良的反思 [J]. 电力自动化设备, 2001, 21(10): 1-3.
WANG Wei-jian Consideration on the Improper Operation of Transformer Protection [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(10): 1-3.

收稿日期: 2005-10-21; 修回日期: 2005-12-02

作者简介:

杨恢宏(1973-),男,硕士,工程师,主要从事继电保护的研究; E-mail: huihongy@xjgc.com

谢百煌(1974-),男,工程师,主要从事继电保护的研究;
毕大强(1973-),男,博士,主要从事电气主设备继电保护研究;

张学深(1964-),男,硕士,高级工程师,主要从事继电保护的研究。

Discussing the double configuration of differential protection for transformer

YANG Hui-hong¹, XIE Bai-huang², BIDA-qiang³, ZHANG Xue-shen¹

(1. Electric Protection and Automation Business Department, XJ Electric Corporation, Xuchang 461000, China;

2. Electric Power Dispatch and Communication Center, Xi'an 710004, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Differential protection of transformer must lay emphasis on how to handle the sensitivity and speed after configuring diverse principle based differential protection, rather than adopting different schemes to detect the inrush current. Both devices should have the same protection configuration with diverse principle based differential protection or diverse operation characteristic for the same differential protection in order to handle the relationship between sensitivity and speed of differential protection.

Key words: differential protection; excitation inrush; diverse principle; sensitivity; speed