

故障分量负序方向保护研究

张学深, 杨智德, 金全仁

(许昌继电器研究所, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了故障分量负序方向保护的原理与应用, 讨论了该保护在辅助判据的设计、定值整定、工程设计及如何避免暂态过程方向误判别等问题。对各分支中性点没有抽头引出及各分支不能安装 TA 的机组, 该保护可作为发电机内部不对称短路的主保护。

关键词: 发电机短路主保护; 故障分量; 负序方向

中图分类号: TM771 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4387(2000)07-0059-03

1 概述

对于发电机内部短路主保护一直是大机组保护研制开发关注的要点, 国家“九五”重大技术攻关项目——三峡大机组保护的研究课题之一就是多分支绕组的大型发电机内部短路主保护的研究, 随着发电机内部短路计算研究的不断深入, 对多分支绕组的大型发电机内部短路主保护的配置越来越科学化、合理化。高灵敏单元件横差保护、裂相差动保护及不完全纵差保护越来越得到关注, 因为这些主保护不但保护发电机内部的相间短路, 而且对匝间短路和分支开焊等故障有保护作用, 同时有较高的灵敏度。传统的完全纵差保护, 做为相间短路的主保护, 不反映匝间短路和分支开焊故障。

高灵敏单元件横差保护要求发电机各分支中性点能够引出, 裂相差动保护、不完全纵差保护要求发电机内部分支能够安装 TA。就目前大部分运行的或新上的火电机组而言分支中性点不能引出, 且发电机内部分支不能安装 TA, 因此, 限制了上述几种保护的应用, 模拟式保护用于匝间保护的负序功率方向继电器及纵向零序电压继电器, 由于正确动作率较低或定值整定左右为难, 即便是用微处理器实现, 人们也免不了心有余悸。因此, 利用微机的先进技术, 针对大部分火电机组, 研制开发新的可靠的发电机内部短路主保护判据十分必要。

2 故障分量负序方向(以下简称 ΔP_2) 保护原理

当保护范围内发生不对称故障时, 负序源在故障发生点, 系统侧是对称的, 根据迭加原理, 保护装设处的负序电压故障分量 ΔU_2 和负序电流故障分量 ΔI_2 反映了该处与系统之间的负序阻抗(亦即正

序阻抗), 即:

$$\Delta U_2 = \Delta I_2 \cdot Z_2$$

Z_2 的阻抗角一般在 $75^\circ \sim 85^\circ$ (ΔI_2 滞后 ΔU_2 的角度), 动作判据可近似表示为:

$$\Delta U_{2i} \Delta I_{2r} - \Delta U_{2r} \Delta I_{2i} > 0$$

或先将 ΔI_2 移相得: $\Delta I_2' = \Delta I_2 e^{j\phi}$

ϕ 为阻抗内角, 动作判据表示为:

$$\Delta P_2 = \Delta U_2 \Delta I_2' = \Delta U_{2r} \Delta I_{2r}' + \Delta U_{2i} \Delta I_{2i}' > 0$$

式中下标 r, i 分别表示实、虚部。

实际应用动作判据综合为:

$$|\Delta U_2| > \varepsilon_u$$

$$|\Delta I_2| > \varepsilon_i$$

$$\Delta P_2 = \Delta U_{2r} \Delta I_{2r}' + \Delta U_{2i} \Delta I_{2i}' > \varepsilon_p \quad (\text{为死区})$$

门槛)

保护逻辑框图见图 1。

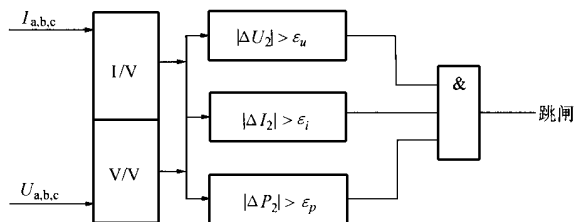


图 1 故障分量负序方向保护逻辑框图

3 几个问题的讨论

3.1 辅助(启动)判据设置

在上述方案中, $|\Delta U_2| > \varepsilon_u$ 及 $|\Delta I_2| > \varepsilon_i$ 是 ΔP_2 的启动判据。设置启动判据的意义在于为主判据的执行提供一个前提条件, 加强主判据的选择性和可靠性, $|\Delta U_2| > \varepsilon_u$ 及 $|\Delta I_2| > \varepsilon_i$ 的满足, 是判别故障分量负序方向的必要条件, 两者同时满足时, 才进行方向判别, 这样做还可带来一个好处是

TV、TA 断线,不会造成保护误动。

转子二次谐波电流,是定子侧出现不对称故障(存在负序电流)时,在转子绕组感应出的谐波电流,不是发电机内部出现不对称故障的特征量,当区外发生不对称故障时,也会出现转子二次谐波电流,把该量作为启动判据,尽管会灵敏启动,但起不到加强主判据的选择性和可靠性的作用,同时启动值如何设置?如何建立定子量与转子量在数值上的对应关系?都需做较深入的研究,另外,转子二次谐波电流的引入,增加了装置的复杂程度。

发电机并网以前,发电机断路器或发一变组断路器尚未合闸,定子电流为零,任何发电机内部故障均只有 ΔU_2 ,但 $\Delta I_2 = 0$, $\Delta P_2 = 0$,保护不能动作,此时可用纵向零序电压保护弥补,待发电机并网以后,纵向零序电压保护自动退出。

文献^[2]在纵向零序电压保护中,引入机端电流做制动量,对区外故障防止误动,起到了较好的作用,在此基础上,降低电压整定值,发电机内部匝间短路的灵敏度也有所提高,如果在实际工程中得到验证,并积累成熟的经验后,可与 ΔP_2 构成或门出口,实现匝间保护双重化。

3.2 定值整定

ΔP_2 保护的整定计算严格说应以发电机内部短路计算为基础,既保证装置的可靠性(不误动),也应满足灵敏度的要求,对于匝间短路,要考虑发生的最小匝数的可能性(同分支、同相,且同槽)。不能以简单的电路为基础(不考虑定子绕组间磁链作用),推断定值大小。定性分析,定子绕组分支数越多,灵敏度要求越高。

ε_u 、 ε_i 的整定以保证可判别方向的最小值为原则,通过动模试验的结果及现场实际经验的积累, ε_u 整定为: $1\%U_e$, ε_i 整定为: $2\% \sim 3\%I_e$ 。(自适应补偿门槛见问题 4), ε_p 整定为:不大于 $0.1\%S_e$, U_e 、 I_e 、 S_e 为额定电压、电流及容量。

3.3 电流互感器 TA 接线

ΔP_2 保护作为发电机内部不对称短路主保护(相间、匝间及绕组开焊等),电流应取自机端 TA,只作为发电机内部匝间短路主保护,电流应取自中性点 TA。定性分析如图 2 所示,匝间短路的负序源为纵向,相间短路的负序源为横向,当电流互感器 TA 接于机端时,相间、匝间短路都为正方向,当电流互感器 TA 接于中性点侧时,相间短路为反方向(不动作),匝间短路为正方向。

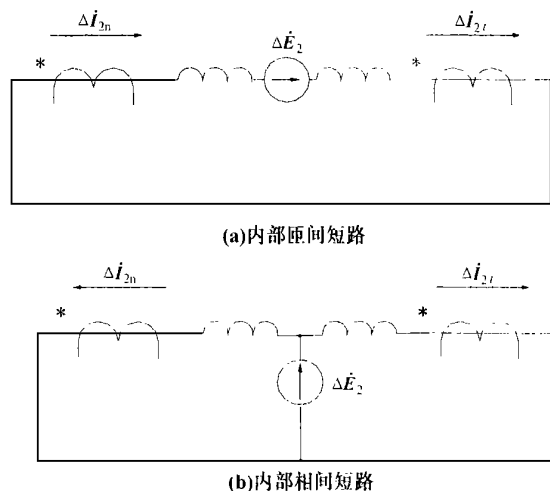


图 2 故障分量负序方向保护不同 TA 接线定性分析图

3.4 暂态过程中的方向判别

文献^[3]介绍了某水电站在区外故障过程中,一故障分量负序方向保护装置两次误动的原因,通过对故障录波数据的分析,表明该保护装置在暂态过程中,由于误判方向,造成误动。由此可见,故障分量负序方向保护暂态过程中的方向判别是非常关键的技术问题。

由于傅氏算法及滤序算法都是基于稳态正弦波周期分量推导出的,在暂态过程中,如系统振荡、外部故障起始阶段及外部故障切除过程等工况中,傅氏算法及滤序算法都会存在较大偏差,尤其是方向元件的判别,采样数据窗中只有足够的故障数据时,角度的计算才能反映真实的方向,用于判别方向的角度计算存在稳定的过程。应避免保护在系统振荡、外部三相对称短路时,保护的误启动。暂态过程中,负序分量存在的偏差,可用序分量自适应补偿,即:

$$|\Delta U_2^*| = |\Delta U_2| - |k\Delta U_1| > \varepsilon_u$$

$$|\Delta I_2^*| = |\Delta I_2| - |k\Delta I_1| > \varepsilon_i$$

其中 k 为加权系数,应合理选取。这种序分量自适应补偿方法在外部故障及系统振荡中,能起到较明显的效果。同时也应采取系统频率跟踪技术。

3.5 动模及工程应用情况

许继 WFB-100 型发变组保护装置中 ΔP_2 保护先后在清华大学动模试验室及国家继电器产品检测中心动模试验室中进行动态模拟试验,在上述定值条件下,分别进行空载、半载和满载工况下,发电机内部匝间、相间短路试验,均正确动作,匝间短路灵敏度定子绕组中部为 5% ,定子绕组中性点附近为 8% 。同时对振荡过程中发生内部短路故障、振荡过

程中发生外部短路故障、外部故障切除、丢失励磁脉冲、投切线路等进行考核,保护动作行为正确。

ΔP_2 保护从 1996 年至今,已成功应用到许多大、中型电厂(如:宝珠寺 175MW 水电站、襄樊 300MW 火电厂、杨树浦 125MW 发电厂、白山 300MW 水电站、凯里 200MW 火电厂等),经历了多次外部故障,保护未出现误动现象,经历一次发电机内部故障,保护正确动作。

4 结论

对各分支中性点没有抽头引出及各分支不能安装 TA 的机组。选用故障分量负序方向保护(纵向零序电压保护)作为发电机内部短路主保护,反映发电机内部的相间、匝间和定子绕组开焊等故障,动模

试验及现场运行证明保护性能良好。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第一版). 中国电力出版社, 1996.
- [2] 沈全荣等. 发电机定子绕组内部故障保护方案的动模实验比较. 电力系统自动化, 1999, (11).
- [3] 张旭东等. 负序方向型发电机匝间保护误动分析及改进. 电力系统自动化, 1999, (11).

收稿日期: 2000-03-01

作者简介: 张学深(1964-), 男, 高级工程师, 硕士, 从事微机主设备保护装置研究与开发; 杨智德(1968-), 男, 高级工程师, 从事微机主设备保护装置研究与开发; 金全仁(1968-), 男, 高级工程师, 从事微机主设备保护装置研究与开发。

Study on negative sequence directional protection against fault component

ZHANG Xue-shen, YANG Zhi-de, JIN Quan-ren

(Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: The principle and application of negative sequence directional relay against fault component are presented in this paper. And design on the auxiliary criteria, setting value set, engineering design and how to prevent the directional relay from miss-discrimination during transient of the protection are also discussed. For the unit which there is no tap output from branch neutral point and CT is not allowed to be installed on each branch, the protection can be used as main protection against internal asymmetrical short-circuit fault of generator.

Keywords: main protection against generation short-circuit fault; fault component; negative sequence direction

(上接第 36 页) 以及进相运行不超过低励限制的情况下($\delta < 65^\circ$), 保护不误动。而励磁低电压判据 $U_{fd}(P)$ 的灵敏度很高, 在失磁故障发生时, 保护能快速灵敏地动作。如: 2# 机由于励磁调节器工作不稳定, 在进相运行带有功 200MW, 无功 - 82Mvar 时, 励磁电压突然从 178V 骤减至 141V, 保护动作。此时 $K = 141/318 = 0.44$ 。另一次, 当 2# 机带有功 300MW, 无功 - 50Mvar, 并继续增大吸收的无功时, 励磁调节器失稳, 无功突然从 - 50Mvar 降至 - 80Mvar, 保护动作。此时 $K = 214/491 = 0.436$ 。都能可靠动作, 在静稳破坏前即快速反映, 防止静稳破

坏发生。

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.
- [2] 许实章. 电机学(第一版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.

收稿日期: 2000-03-21

作者简介: 殷建刚(1971-), 男, 本科, 主要从事电力系统继电保护整定计算工作。

research on the setting of generator loss of field protection

YIN Jian-gang, PENG Feng

(Hubei Electric Power Dispatch & Communication Bureau, Wuhan 430077, China)

Abstract: This paper analyzes the operation of generator lose of field protection. The viewpoint about the generator parameter used in setting method is proposed, and a modification for the setting is also presented.

Keywords: lose of field protection; setting; synchronous reactance