

REG216 发变组保护在 600 MW 发电机组的应用

张岩, 黄晓明

(浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310004)

摘要: 发电机组保护对于保证发电厂主设备的安全运行至关重要。REG216 数字式发变组保护装置在国内大型机组得到比较广泛的应用, 取得了良好的效果。文中介绍了应用于国华宁海发电厂 600 MW 机组的 REG216 数字式发变组保护装置的配置及特点, 并对发电机差动、定子接地及 PT 断线保护原理做了详细说明, 阐述了这些原理的优缺点。同时提出了一些 REG216 在发电机组保护应用及现场调试中应当注意的问题及解决方法。

关键词: REG216; 发变组保护; 配置; 调试

Application of REG216 protection system in 600 WM generator units

ZHANG Yan, HUANG Xiao-ming

(Electric Power Test & Research Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310004, China)

Abstract: The generator and transformer protection is very important to ensure the safety of power plant equipment. The digital generator protection REG216 has been generally applied in some large power plants. This paper proposes the configuration and feature of the digital generator protection REG216. The REG216 protection system has been applied to 600 WM units of the Guohua Ninghai Power Plant. Principles of generator differential, stator ground fault and PT fail protection are particularly commented. Some problems about the test and application of the locality are mentioned.

Key words: REG216; generator and transformer protection; configuration; test

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)20-0076-04

0 引言

大型发电机组是现代电力系统最重要的组成部分之一, 因此用于发电机保护的保护系统应该具有广泛的可靠性和选择性, 在系统发生严重故障时应该能够灵敏地检测到发生在发电机线圈内部不同程度的所有类型故障而对于干扰不误动^[1]。REG216 保护是ABB公司生产的数字式发变组保护装置, 是国内大型发电机组应用比较广泛的数字式保护之一。国华宁海发电厂一期4×600 MW发电机、主变压器上各配置了两套REG216保护, 目前该保护已投入运行, 工作正常。在此对该保护装置进行简单介绍, 提出一些调试及应用中应当注意的事项供有关人员参考。

1 保护配置及特点

整个REG216系统采用模块化设计, 在系统内永久存储的软件中, 提供有多种不同的保护功能。保护某一特定电气设备(发电机或变压器)所需要的保护功能可以单独选择、单独激活、以及单独设定。在不同的保护方案中, 某一保护功能可以使用

多次。保护的跳闸方式可通过逻辑矩阵选择, 通过PC机进行人机对话设定保护动作定值以及跳闸矩阵; 整个装置硬件运行中连续自检, 自检发现错误自动闭锁保护出口; 保护装置参数的设置及定值的整定通过PC机进行; 能自动录取故障波形并编制文档记录, 可与站控通讯和配合。

2 保护结构

2.1 硬件

REG216配有两个独立但通过标准预置屏蔽电缆连接的主部件: 与一次系统(CT、PT及中间继电器)的接口设备, 用于进行电气隔离, 并对电磁场干扰起阻隔作用; 并行总线及相关的电子单元(如对信号进行调节处理的模拟量输入处理器及数据处理器)^[2]。整个保护方案的硬件插件较少, 允许电气单元及接口的扩展, 所有硬件可组装在同一个机架上, 以便更好地抗干扰和防尘等。国华宁海发电厂发变组配备两块相同装置保护屏柜以实现保护双重化的配置原则, 若由于某种原因保护装置故障或需要进行试验的, 可将相应的保护退出运行, 不会影响另一套的继续运行, 也不会出现保护盲区。每套

保护均有以下模块组成:电源模块 CPU模块、模拟量处理模块、数字量输入及跳闸模块 数字输出模块、模拟量输入单元、输入继电器单元、输出继电器单元和跳闸继电器单元。每套装置的具体保护配置如下:发电机差动保护、发电机定子过负荷保护、发电机失步保护、发电机逆功率保护、发电机过激磁保护、发电机负序保护、高压厂变变差动保护、高压厂变厂变过流保护等。

2.2 系统的连接及元件模块

REG216 保护的配置和连接见图 1。

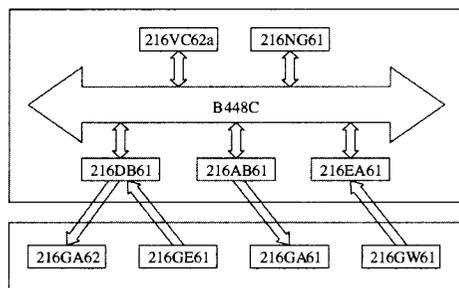


图1 REG216元件模块及系统连接图

Fig.1 Element model and system connection of the REG216

① 输入变压器组件216GW61。此模块对输入信号进行调整,并提供电气隔离,可提供一种类型的PT和两种类型的CT(保护专用CT和铁心平衡式测量CT),以满足不同的精度和暂态性能的要求。特别需要注意的是对于采样精度比较高的保护模块(例如:逆功率保护)必须采用铁心平衡式测量CT以满足保护可靠动作。经过调整的模拟量信号进入模/数转换单元216EA61,对于模拟量频率为50 Hz其采样频率为600。②数字输出单元216AB61用于控制输出辅助继电器216GA61的输出,具有短路保护功能,面板有LED用于指示动作继电器输出辅助继电器组件216GA61。③辅助继电器及光耦组件216DB61用于将开关输入元件模块216GE61的信号转入B448C并行总线及控制跳闸辅助继电器组件216GA62。外部信号可以通过光耦回路来起动跳闸辅助继电器。REG216也能对外部的数字输入信号进行读取与处理。④辅助电源单位216NG61,用于36~312 V的直流输入,24V150W直流的输出并且具有短路和过载保护。所有的REG216功能都动作于对一次系统的采样值,额定频率下一个采样率为12。通过数字滤波器可以抑制直流分量和谐波分量的干扰。⑤处理单元216VC62a是整个保护装置的核心,采用的是80486DX-2型32位处理器,应用软件存放在EPROM中,其中:工作数据在RAM区;定值存在非易失性闪存E²PROM中。

3 参数整定

保护系统的参数整定和控制是通过一串行口连接的PC机来完成,所有操作都是以菜单形式进行。如:参数的整定和定值的记录;测量值显示;事件的显示、记录和打印;故障录波的显示、打印和拷贝。由于厂家提供的CAP316调试软件不支持中文版本操作系统,因此,为了能够看到完整的保护模块及定值用来同保护装置通讯的PC机必须装备英文版本的操作系统。

4 REG216 部分保护简介

根据国内对于大型发电机组保护配置的要求,一般每台机组各配置了两套REG216C保护,作为双重保护,根据国华宁海发电厂的实际需要,发变组保护如下:

发电机纵差保护、发电机失磁保护、发电机失步保护、发电机定子接地保护等;在这里对一些特殊的保护原理进行简要的说明,并比较了同国内外其余发变组保护厂家数字式保护装置所采用原理不同之处。

4.1 发电机纵差保护

同国内普遍采用的两折线或者三折线比率制动原理相比,REG216 发电机纵差保护采用新型的标积制动原理的比率制动式差动保护,且不考虑 CT断线闭锁差动保护。标积制动原理的比率制动式纵差保护具有减少由于在 CT 外部发生短路时,短路暂态过程中纵差保护不平衡电流增加和饱和效应使制动电流减少而发生保护误动,在内部发生短路时有流出电流,但仍有较高的灵敏度。制动特性曲线及动作方程入下图 2 所示。

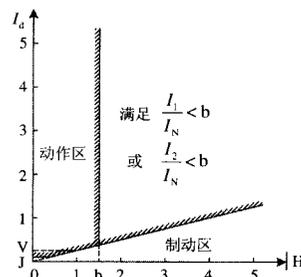


图2 标积制动原理的比率制动特性

Fig.2 Operating characteristic of ratio differential relay for the scalar product restraint

图中规定 I_1 、 I_2 相量的正向为流入被保护设备,定义:

$$\text{差动电流 } I_d = |I_1 + I_2|$$

$$I_H = \sqrt{|I_1| \times |I_2| \times \cos(\theta)}$$

式中： θ 为 I_1 、 $-I_2$ 之间相位差， $\theta = \angle(I_1, -I_2)$

当 $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ，即 $\cos(\theta) \geq 0$ 时， $I_H \neq 0$ ，有制动作用，这是外部短路的一般特征。

当 $90^\circ \leq \theta \leq 270^\circ$ ，即 $\cos(\theta) < 0$ 时， I_H 呈现虚数，令 $I_H = 0$ ，所以不再有制动作用，这是内部短路的一般特征^[3]。

ABB公司的REG216保护装置所采用的标积制动原理的实质就是如果相位比较判据成立就跳闸，如果不成立还不能认为一定是区外故障，图2所示只有两侧电流都较大 $I_1 > B I_N$ 同时 $I_2 > B I_N$ 时才确认为区外故障。 I_N 为被保护设备的额定电流， B 为系数，一般取 $B=1.5$ 。如果 $I_1 < B I_N$ 或 $I_2 < B I_N$ 就需进一步测量才能决定是区内还是区外故障。进一步测量采用制动系数较小的比率差动判据。这样既发挥了相位比较的优点，又弥补了它的不足^[4]。

4.2 定子接地保护

国华宁海发电厂装设了由基波零序过电压构成的95%定子接地保护和有三次谐波电压继电器RAEDK构成的定子100%接地保护，其中95%定子接地保护动作于跳闸而100%定子接地保护动作于发信。

基波95%定子接地采用《整定计算导则》推荐值5V，取PT开口 $3U_0$ 作为采样值。对于三次谐波的100%定子接地保护，其正常运行时发电机三次谐波等效电路如图3所示。

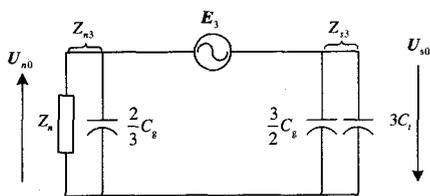


图3 发电机三次谐波等效电路

Fig.3 Third harmonic equivalent circuit of the generator

图3中： U_{n0} 、 U_{s0} 分别为正常运行时发电机机尾、机端的三次谐波零序电压； Z_{n3} 、 Z_{s3} 分别为正常运行时发电机机尾、机端的等效阻抗； E_3 为正常运行时发电机三次电势。

当靠近发电机机尾发生故障时，发电机机尾的三次谐波 U_{n0} 幅值会下降而发电机机端三次谐波 U_{s0} 幅值会增加。并且三次谐波幅值减少或增加的幅度是运行状况和发电机参数的函数^[5]。通常 U_{n0} 和 U_{s0} 的大小会随着发电机有功功率 P 而变，一般的

规律是 U_{n0} 、 U_{s0} 随机组有功功率 P 的增大而变大，图4就是国华宁海发电厂4号发电机不同 P 下 U_{n0} 和 U_{s0} 变化规律^[6]。

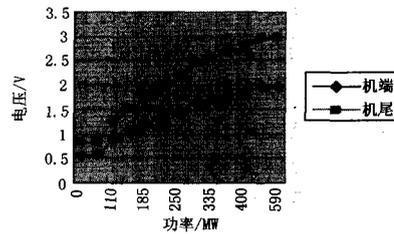


图4 不同有功功率 P 作用下三次谐波变化规律

Fig.4 Effect of different real power upon the generated third harmonic signal

国内以及一些国外厂家普遍采用 U_{n0} 和 U_{s0} 的比值来作为故障判据，但是实际上不同的运行方式有不同的励磁，机端电压和有功、无功功率也各有变化。因此，这类保护都存在一定的缺点。国华宁海发电厂采用的RAEDK是ABB公司的组合式三次谐波电压继电器，分别在空载时测量机尾三次谐波大小和在满载时测量机端三次谐波大小，并且按照1.5倍返回系数整定机尾低电压，机端过电压来整定100%定子接地保护。当低电压、过电压继电器同时动作100%定子接地保护动作发信。通过在发电机满载时实际模拟发电机中性点经过渡电阻接地保护能正常发信，说明这种方法能够达到保护定子绕组的目的。

4.3 PT断线保护

国内外元件保护厂家采用的PT断线原理普遍采用零序电压、负序电压外加一定的电流来判断PT断线是否真正发生，这些原理都存在一个问题就是由于实际情况的不同PT二次负载千差万别，保护装置无法分辨PT断线是一次熔丝熔断还是二次回路出现异常，导致装置不能正常告警。而REG216采用的比较式原理其动作特性如图5所示。

保护装置从两个PT分别输入电压，从图中可以看出当同一相电压差值超过定值后保护动作，闭锁相应故障电压源所连保护，而制动区域为考虑两组PT特性差异。这种原则可以根据不同的PT二次回路特性或不同电厂对于PT一次熔丝熔断对于保护的影响（PT一次熔丝熔断闭锁保护或者不闭锁保护）来整定电压差定值以达到不同的目的。这样的保护灵敏度高并且不会发生误动或者拒动的可能性，不足之处就是需要比常规PT断线多一路电压回路。

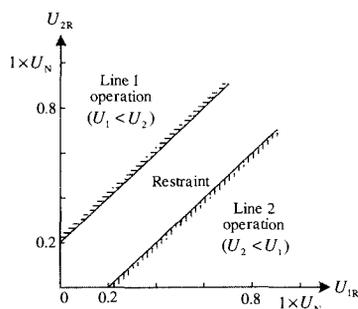


图 5 比较式 PT 断线动作特性

Fig.5 Operating characteristic of the balanced voltage function

5 REG216发变组保护装置调试及定值整定中应当注意的问题

1) 在一块CPU板的情况下所能提供的保护容量为425%，每个保护功能都会因为功能的复杂度对CPU资源的占有率不同，CPU板的占有率越高保护的运算速度越慢，因此，在保护功能的配置上应该尽可能的合理，这样可以降低CPU的占有率；因为在其余设置不变的情况下会增加此保护模块对CPU的占有率，所以各个保护模块一些无用的时间定值尽量不要设为0，

2) 由于REG216自身提供的保护功能模块有限，一些特殊要求的保护功能无法满足要求，ABB提供了一种使用可编程图形软件CAP316，通过图形化界面编辑成需要的逻辑功能块，调用REG216的开关量完成相应的功能后，再以REG216开关量的形式驱动相应继电器的动作完成整个保护功能。

3) REG216提供的功能测试模块虽然为现成工作人员验证保护装置出口回路及一般功能模块正确性提供了简单有效的方式，但是由于其只能完成单个保护功能块验证，对于由多个保护功能模块组成的保护无法完成。

4) 只有在因为系数 a_1 、 a_2 的整定范围原因，而必须使用不同于变压器额定值的参考电流时，才选择参考电流与变压器的额定电流不相同。当 CT 的额定电流与两绕组变压器的额定电流之间存在差

别时，也可能需要调节 A/D 通道的参考值来进行补偿。在这种情况下并假定两绕组的额定功率相同时，要将系数设为 $a_1 = a_2 = 1$ 。另外的差别在于：系数“ a ”仅影响差动保护，而改变 A/D 通道的参考值却会影响整个保护系统的电流（会影响所有的功能及测量变量）。

参考文献

- [1] Mozina C J. IEEE Tutorial on the Protection of Synchronous Generators[A]. In: IEEE Tutorial Course, IEEE Power Engineering Society[C]. 1995.
- [2] REG216 Numerical Generator Protection[Z]. ABB Relays AG, 2000.
- [3] 王维俭, 张学深, 田开华, 等. 电气主设备纵差保护的进展[J]. 继电器, 2000, 28(5): 6-8.
WANG Wei-jian, ZHANG Xue-sheng, TIAN Kai-hua, et al. Progress of Longitudinal Differential Protection for Electrical Main Equipment[J]. Relay, 2000, 28(5): 6-8.
- [4] 朱声石. 评标积制动式差动继电器[J]. 继电器, 2004, 32(2): 10-12.
ZHU Sheng-shi. Comment on Scalar Product Restraint Differential Relay[J]. Relay, 2004, 32(2): 10-12.
- [5] Gilany M, Malik O P, Megahed A I. Generator Stator Winding Protection with 100% Enhanced sensitivity[J]. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2002, 24(2): 167-172.
- [6] 张岩, 杨涛, 陆承宇. 国华宁海发电厂 4 号机组电气投产试验报告[R]. 浙江省电力试验研究院, 2006.
ZHANG Yan, YANG Tao, LU Cheng-yu. Test Report for the No.4 Generator of Guohua Ninghai Power Plant[R]. Electric Power Test & Research Institute of Zhejiang Province, 2006.

收稿日期: 2007-03-27;

修回日期: 2007-05-03

作者简介:

张岩(1975-), 男, 硕士, 工程师, 从事电力系统继电保护及自动化研究; E-mail: z-y75@163.com

黄晓明(1969-), 男, 本科, 高级工程师, 从事电力系统继电保护及自动化研究。

许继集团入选河南省首批知识产权优势企业

河南省知识产权局、省科技厅等 8 部门联合评审出 10 家河南省首批知识产权优势企业，许继集团有限公司顺利入选。

为深入贯彻全国、全省科技大会和《河南省专利保护条例》精神，提高企业、区域运用知识产权制度的能力和水平，形成一批知识产权优势企业和优势区域，使知识产权经济成为实现中原崛起的新动力和新经济增长点，推动创新型河南建设，省知识产权局等 8 部门于今年 5 月份正式启动了知识产权优势企业、优势区域认定工作。