

合肥二电厂 ABB 公司发电机定子接地保护调试定值的分析

孙鸣¹, 孔健¹, 黄东辉²

(1. 合肥工业大学电气工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 合肥二电厂, 安徽 合肥 231607)

摘要: 对合肥二电厂引进机组配套的定子接地保护厂家提供的调试定值进行了复算, 针对复算结果与调试定值之间存在的差异, 根据装置的原理及有关规程进行了分析, 并提出了作者的见解。

关键词: 定子接地; 保护整定; 调试定值

中图分类号: TM771 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)12-0059-03

0 引言

合肥二电厂为合资建设的发电厂, 其装机为 2 × 350 MW 的发电机组, 发电机中性点经 2 400 电阻接地, 主变容量为 430 MVA, 发变组采用单元接线, 系统侧额定电压为 220 kV。发电机由德国 ABB 公司制造, 所配发变组保护为瑞典 ABB 公司生产的 RGE-216 型全数字式微机保护装置, 该装置硬件由多功能模块组成。软件亦按模块化设计, 并提供了保护功能数据库, 由用户根据需要调用。该套保护装置所提供的以注入电压为核心技术的定子 100% 接地保护处于世界领先水平。该定子 100% 接地保护由机端定子基波零序电压保护和注入电压型接地保护共同构成。该保护原理及其特点在文献 [1] 中已有详细的论述, 本文在此不再赘述。

要充分发挥硬件和软件都十分优秀的引进保护装置的作用, 保护定值的合理整定是非常重要的环节之一。为此, 作者在理解该定子接地保护原理的基础上, 对该保护由厂家提供的调试定值(自 2001 年 8 月投入商业运行以来一直沿用至今)进行了复算, 通过对比调试定值与复算定值, 发现两者差异较大。本文结合我国电厂运行的实际情况及部颁规程, 对此进行了分析, 并提出了作者的见解, 以供同行参考。

1 定子基波零序电压保护定值的整定

发电机定子基波零序电压保护的特点是灵敏度高, 其保护范围为发电机绕组(出线端至中性点)的 90% ~ 95%。当机端发生金属性单相接地短路时, 装在此端的出口 PT 的开口三角输出电压为 100 V (变比为 $\frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} / \frac{100 \text{ V}}{3}$)。

保护定值 (U_{op}) 按躲过正常运行时机端 PT 开

口三角所测最大不平衡电压整定, 即:

$$U_{op} = K_{rel} \cdot U_{unb \cdot max} \quad (1)$$

式中: K_{rel} 为可靠系数, 取 1.3; $U_{unb \cdot max}$ 为最大不平衡电压; 经实测, 满负荷时其值为 3.02 V。

$$\text{故 } U_{op} = 1.3 \times 3.02 = 3.926 \text{ V} \quad \text{取 } U_{op} = 5 \text{ V}$$

该定值在校验时, 应保证能可靠躲过升压变压器高压侧发生单相接地时, 通过升压变压器高低压绕组间每相耦合电容 C_m 传送到发电机端的基波零序电压 U_{g0} 。

计算 U_{g0} 的等效电路如图 1 所示 [2]。

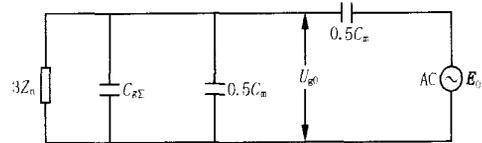


图 1 求解 U_{g0} 等效电路

Fig. 1 Equivalent circuit for U_{g0} calculating

图中: C_m 为变压器每相高低压绕组间的耦合电容, $C_{g\Sigma}$ 为发电机及机端外接元件每相对地总电容, $3Z_n$ 为三倍的发电机中性点对地基波阻抗, E_0 为系统侧单相接地时产生的基波零序电动势。

现根据文献 [2] 提供的公式、图表以及出厂资料对各参数进行计算。

$$E_0 = 0.6 U_{HN} / \sqrt{3} \quad (2)$$

U_{HN} 为系统额定电压, $U_{HN} = 220 \text{ kV}$, 则

$$E_0 = 0.6 \times 220 / \sqrt{3} = 76.21 \text{ kV}$$

$$C_m = K_{m0} \sqrt{S_{tn}} \times 10^{-4} (\mu\text{F} / \text{ph}) \quad (3)$$

式(3)中, K_{m0} 为与系统电压相关的系数, 对 220 kV 电压等级 $K_{m0} = 4.7$; S_{tn} 为主变压器额定容量 (MVA), $S_{tn} = 430$ 。将参数代入得:

$$C_m = 4.7 \times \sqrt{430} \times 10^{-4} = 0.0097 (\mu\text{F} / \text{ph}) \quad (4)$$

$$C_{g\Sigma} = C_g + C_t$$

C_g 为发电机每相对地电容, 此处 $C_g = 0.258 \mu\text{F}/\text{ph}$; C_t 为机端外接元件每相对地电容, 此处 $C_t = 0.019$, 代入式(4)得: $C_{g\Sigma} = 0.258 + 0.019 = 0.277 (\mu\text{F}/\text{ph})$ 。

因发电机中性点经 2400Ω 电阻接地, 故 $3Z_n = 3 \times 2400 = 7200 \Omega$ 。

由图 1, E_0 提供的零序电流

$$I_0 = \frac{E_0}{3Z_n // (-j \frac{10^{-6}}{2f(C_{gi} + 0.5C_m)}) - j \frac{1}{2f(0.5C_m)}} \quad (5)$$

代入相关数值, 经计算得:

$$I_0 = 0.115 \angle 89.6^\circ (\text{A})$$

$$U_{g0} = E_0 - I_0 \frac{1}{2f(0.5C_m)} \angle -90^\circ$$

$$E_0 - \frac{I_0}{2f(0.5C_m)} \quad (6)$$

代入相关数值, 得:

$$U_{g0} = 696 \text{ V}$$

由于零序电压互感器的变比为:

$$\frac{20 \text{ kV} / \sqrt{3}}{100 \text{ V} / \sqrt{3}}$$

故机端 PT 开口三角输出电压 $3U_0$ 为:

$$3U_0 = \frac{3U_{g0}}{20000} \times \frac{\sqrt{3} \times 100}{3} = \frac{\sqrt{3}U_{g0}}{200} \quad (7)$$

代入 U_{g0} 的值, 得:

$$3U_0 = 6.03 \text{ V}$$

因为: $3U_0 > U_{op}$

所以: U_{op} 不能躲过主变高压侧单相接地时经耦合电容传递来的零序电压值。

故为可靠计, 将定子基波零序电压保护定值 U_{op_set} 整定为 10 V ; 动作时间原则上可整定为 0 s , 但考虑到整定过程中用到部分经验公式, 故实际整定值按和高压出线零序速断保护配合的原则整定为 0.5 s 。

2 注入电压型定子接地保护整定

注入电压型定子接地保护原理接线如图 2 所示。外加信号源 REX010 按特定的编码方式经注入变压器 REX011 将 12.5 Hz 的方波电压注入发电机三相定子回路。在每七个 12.5 Hz 周期中有三个周期是传输信号的, 余下四个周期是不传输信号的, 在此期间 REG216 保护装置通过比较所测的反馈电压 U_s 与参数电压 U_i , 从而计算出, 对接地绝缘电阻,

当该值小于整定值时, 保护动作。当该保护动作于停机时, 应保证在机端发生单相接地短路时, 短路电流不大于 5 A 。

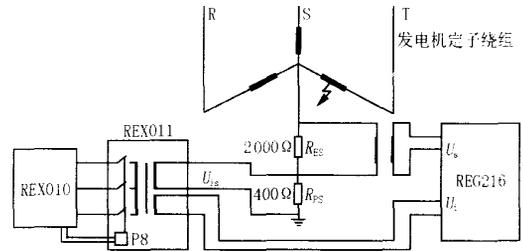


图 2 注入电压型定子接地保护原理接线图

Fig. 2 Connection diagram of injecting-voltage-based stator grounding protection

现整定计算如下:

机端发生金属性单相接地时的电流^[1]为:

$$3I_0 = \frac{3E_{ph}}{3Z_n // (-jX_{cg\Sigma})} \quad (8)$$

式中: $E_{ph} = 20 / \sqrt{3} \text{ kV}$; $Z_n = 2400 \Omega$;

$$-jX_{cg\Sigma} = -j \frac{10^6}{2f \times 0.227}$$

代入上面的数值有:

$$3I_0 = 5.67 \angle 32.1^\circ$$

由于 $|3I_0|$ 已大于 5 A , 该保护将停止注入电压信号^[1]。为保证其所具有的 100% 接地保护功能, 应在发电机端口任一相对地绝缘电阻降到一定程度, 即 $3I_0$ 接近且小于 5 A 时动作。此时, 相当于端口任一相经过渡电阻 r_i 发生单相接地短路^[1], 其等效电路如图 3 所示, 过渡电阻可由式(8)求得。

$$3|I_0| = \frac{3|E_{ph}|}{\sqrt{(3r_i + 3Z_n // (-jX_{cgi}))^2 + 4881.4^2}} = \frac{\sqrt{3} \times 2 \times 10^4}{\sqrt{(3r_i + 3233.6)^2 + 4881.4^2}} \quad (9)$$

解得 $3r_i = 5241 \Omega$, $r_i = 1747 \Omega$ 。取该保护动作电阻值 r_{set} 为 $2 \text{ k}\Omega$; 考虑到此时的 $3I_0$ 的值远大于导则给出的发电机单相接地故障电流允许值 (1 A)^[2]; 且由该保护原理可知高压系统发生接地故障或有其他干扰时, 保护能可靠不误动^[1]。故动作时间整定为 0 s 。输出当动作于信号时, 应使得 $3|I_0| = 1$, 由(9)式可解得 r_{set} 为 $10 \text{ k}\Omega$, 取该保护动作电阻值 r_{set} 为 $10 \text{ k}\Omega$, 动作时间为 0.5 s 。

3 关于该保护调试定值的讨论

现将发电机定子接地保护的调试定值与作者复算定值列于表 1。

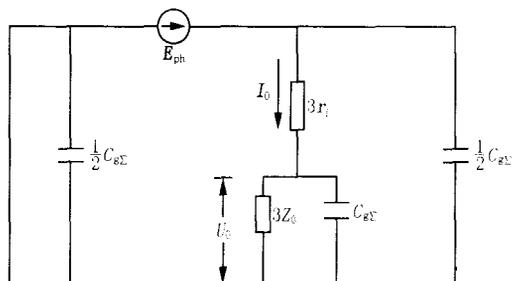
图 3 发电机端经过渡电阻 r_i 单相接地等效电路

Fig.3 Equivalent circuit of single phase grounding when generator side across transition resistance

表 1 调试定值与复算定值比较表

Tab.1 Comparison of fixed debugging value and retried value

定子接地保护	基波零序电压保护	注入电压式接地保护
调试定值	20 V, 0.5 s, 停机	1 K, 0.5 s, 停机
复算定值	10 V, 0.5 s, 停机	2 K, 0 s, 停机

由表 1 可看出两者差异较大。

对于基波零序电压保护,调试定值是按 80% 的保护范围整定。经复算,最大不平衡电压仅有 6.03 V,整定为 10 V 足以保证在外部发生接地故障时,可靠不动作,将整定值取为 20 V 很显然是降低了该保护的灵敏度,没有充分发挥该保护的特点。因此,作者认为整定为 10 V 是合适的。对于调试定值将保证延时 0.5 s 出口,不仅没必要,而且可能加大对发电机铁芯的破坏。如上所述 10 V 的定值是以躲过外部短路最大不平衡电压来整定的,没有必要靠加延时来配合。但考虑到计算过程中没有精确的数学模型,所用的为经验公式以及多年的运行经验,还是将动作时间整定为 0.5 s。

对于注入电压型定子接地保护,当其检测到接地电流大于 5 A 时,将停止注入信号。经复算,当机端接地电阻小于 1 747 Ω 时,接地电流大于 5 A,若将定值定为 1 k Ω ,该保护 100% 接地保护功能失去,

且无法将接地电流限制在 5 A 以下,以减小对发电机定子铁芯的损坏。该保护的另一点特点就是升压变高压侧发生接地故障或其他干扰(如铁磁谐振),能可靠不动作^[1]。因此延时 0.5 s 是没有必要的。综上所述,复算后的定值是合理的。

4 结论

要充分发挥引进保护装置的作用,保护定值的合理整定是非常重要的。因此,对调试定值按照厂家的要求并结合国内电网的实际情况及相关规程进行复算是非常必要的。认真做好这项工作,既可以保证引进设备的某些长处充分发挥,又可以防患于未然。

参考文献:

- [1] 王维俭(WANG Wei-jian). 电气主设备继电保护原理与应用(Relay Protection Theory of Main Electrical Equipment and Its Application) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1996.
- [2] 国家电力调度通信中心(National Electric Power Dispatching Center). 电力系统继电保护规定汇编(Rules Compilation of Power System Relay Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),2000.

收稿日期: 2003-09-18; 修回日期: 2003-11-10

作者简介:

孙 鸣(1957-),男,副教授,硕士生导师,研究方向为电力系统继电保护及调度自动化;

孔 健(1978-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护及调度自动化;

黄东辉(1967-),男,工程师,从事发电厂继电保护工作。

Analysis of generator stator grounding protection of ABB Co. introduced by Hefei secondary power station

SUN Ming¹, KONG Jian¹, HUANG Dong-hui²

(1. Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Hefei Secondary Power Station, Hefei 231607, China)

Abstract: Fixed debugging value, supplied by manufacturer of the stator grounding protection with the set introduced by Hefei Secondary Power Station, is retried. The differences between the fixed debugging value and the retried one are analyzed based on the setting principle and interrelated rules, and conclusions are brought forward.

Key words: stator grounding; protection setting; fixed debugging value