

某厂发电机发生定子接地时开关拒动的后果及改进措施

沈建荣

浙江浙能兰溪发电有限责任公司 浙江 兰溪 321100

【摘要】：本文通过对某厂发电机定子接地保护及发电机开关失灵保护逻辑的分析，发现发电机开关失灵保护逻辑存在漏洞，并提出针对性的改进建议，以消除隐患。

【关键词】：定子接地；发电机开关失灵保护；问题；改进

1 引言

660MW 发电机均配备有完善的各种电气量保护，如差动保护、匝间短路保护、过流保护等，为防止故障后继电保护动作发出跳闸命令而断路器拒动，还配备了发电机断路器失灵保护，利用故障设备的保护动作信息与拒动断路器的电流信息构成对断路器失灵的判别，能够以较短的时限切除发电机对应变压器高压侧的断路器，使停电范围限制在最小，从而避免造成发电机的严重烧损事故。

但发电机定子接地保护是个例外，由于发电机发生定子接地时流经故障点的电流为发电机所在电压网络对地电容电流之和，此电流值一般在个位数之内，虽能对发电机线棒及定子铁芯造成严重损伤，但并不会引起定子电流或定子负序电流的增大，无法启动发电机断路器失灵保护。这样一来，当发生发电机定子接地时，如果发电机开关拒动，发电机将无任何保护切除故障，极有可能出现发电机的严重烧损事故。

下面以某厂的东方电机生产的 660MW 发电机为例进行分析，并试着提出解决方案。

2 某厂发电机及中性点接地变主要规范

2.1 发电机主要规范

发电机是东方电机股份有限公司引进日本日立公司（HITACH）技术制造的，型号为 QFSN-660-2-22C。发电机为汽轮机直接拖动的隐极式、二极、三相同步发电机，定子每相电容（0.2 μF）。

2.2 中性点接地变主要规范

型号为 DC-22/0.23kV，R=0.19 Ω。

3 单相接地故障电流的大小和危害

3.1 机端金属性单相接地故障电流 I_K 包括两部分电流

（1）固有的电容电流 I_C 。

$$I_C = (U_N/3^{1/2}) \times 3 \omega C_\Sigma$$

式中 U_N 为发电机额定线电压， ω 取 314rad/s， C_Σ 为发电机定子电压回路单相相对地总电容。

（2）中性点零序电流

$I_n = U_N / (3^{1/2} \times Z_n)$ 式中 Z_n 为发电机中性点对地阻抗（一次值），当消弧线圈接地时 $Z_n = R_L + j\omega L$ ， R_L 为消弧线圈内阻（一次值），当接地变为高阻接地时 $Z_n = R_n$ ， $R_n = r_n n^2$ ， n 为接地变变比， r_n 为二次侧电阻（二次值）。

机端金属性单相接地故障电流 I_K 为：

接地变高阻接地时有 $I_K = (I_C^2 + I_n^2)^{1/2}$ ，当 $R_n \leq 1/3 \omega C_\Sigma$ 时有 $I_K \geq 2^{1/2} I_C$ 。

3.2 某厂发电机机端金属性单相接地电流计算

$$I_C = (U_N/3^{1/2}) \times 3 \omega C_\Sigma = (22 \times 10^3/3^{1/2}) \times 3 \times 314 \times 0.2 \times 10^{-6} = 2.39A$$

$$I_n = U_N / (3^{1/2} \times Z_n) = U_N / (3^{1/2} \times R_n) = U_N / (3^{1/2} \times r_n n^2) = 22 \times 10^3 / [3^{1/2} \times 0.19 \times (22/0.23)^2] = 7.31A$$

$$I_K = (I_C^2 + I_n^2)^{1/2} = (2.39^2 + 7.31^2)^{1/2} = 7.69A$$

科学试验报告佐证了单相接地故障电流大小与发电机烧损情况之间的关系，详见下表。

烧损情况分析表

试验电流 (A)	燃弧时间 (s)	烧损情况
2.8	7200	铁芯无烧痕，线棒绝缘烧损严重
5.3	3600	铁芯有轻微烧痕，线棒熔渣飞溅
31.5(2次)	0.92~1.2	铁芯有深约 2mm 小坑，无熔渣溅出
31.5(3次)	1.66~1.68	铁芯烧损深 5.2mm，直径 4.3mm 和深 3.1mm，直径 4.7mm 的小坑，并有熔渣溅出

上述试验数据说明,单相接地故障电流大于 2A 且持续时间越长,必然会引起发电机烧损。而某厂发电机的单相接地电流已远大于我国国标(GB/T14285-2006)规定的单相接地安全(允许)值,发生发电机接地故障时必须采用相应的保护快速可靠地跳闸灭磁,否则必然会引起定子铁芯的损伤。

4 某厂配备的发电机定子接地保护

4.1 基波零压定子接地保护

发电机中性点变压器柜 TVX 22/0.23 (选用 0.1kV 抽头)

发电机机端 PT GU001/GU002 $\frac{22}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$

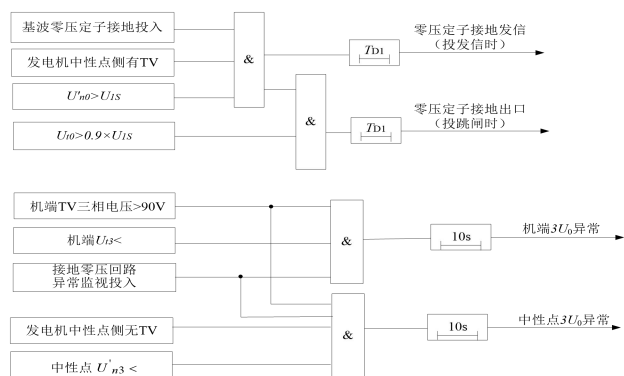


图1 发电机基波零压定子接地保护逻辑图

某厂发电机基波零压定子接地保护动作时间 T 取 1 秒。
保护出口: 跳闸方式(一)跳汽轮机; 跳磁场开关; 跳发电机开关并起动发电机开关失灵。

4.2 机端、中性点三次谐波比较保护

发电机机端 PT GU001/GU002 $\frac{22}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$

发电机中性点 PT TVX 22/0.1

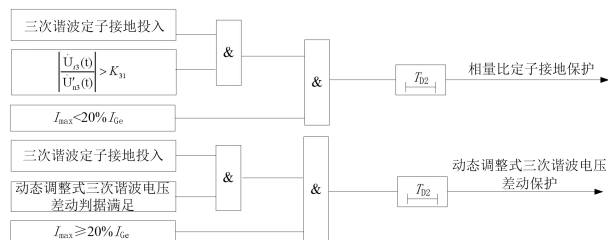


图2 发电机三次谐波式定子接地保护逻辑图

三次谐波电压式和基波零序电压式原理共同构成 100% 定子接地保护。三次谐波零压保护仅反应距中性点 25% 左右范围的定子接地故障。保护出口: 正常情况下应采用信号出

口方式,即发电机定子接地三次谐波投入压板停用。

5 某厂配备的发电机开关失灵保护

5.1 GCB 失灵保护逻辑图

发电机机端 CT GT007/GT008 25000/5 5P20 200VA

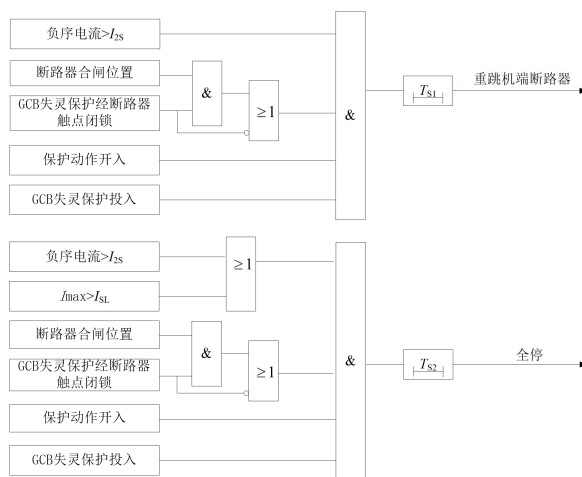


图3 GCB 失灵保护逻辑图

5.2 动作电流整定值

动作相电流按躲过发电机的额定电流整定。

$$I_{OP} = \frac{K_{rel} I_{gn}}{K_r n_a} = \frac{1.1 \times 19245}{0.95 \times 5000} = 4.46 A$$

K_{rel} : 可靠系数取 1.1; K_r : 返回系数; n_a : 变比。

负序电流元件: 按躲过正常运行最大不平衡电流整定

取 $0.13 I_{gn} = 0.5 A$

GCB 失灵保护保护出口

取第一时间为 0.1s, 动作于再次跳发电机开关。

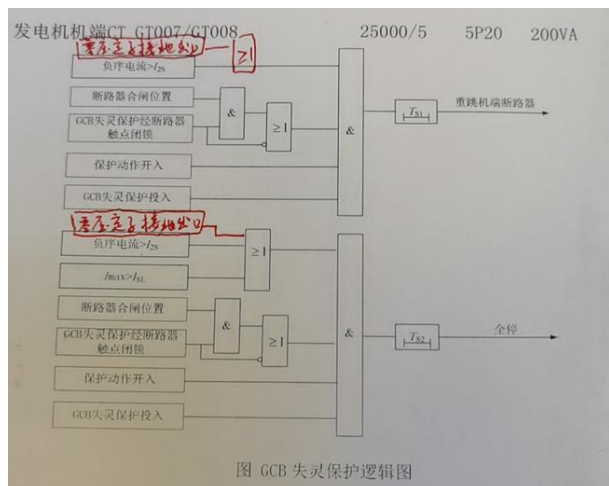
取第二时间为 0.3s, 跳闸方式(五)发电机开关失灵起动发电机跳闸方式(一)及主变跳闸方式(二)。

6 目前配置保护的问题

发电机发生定子接地时流经故障点的电流为发电机所在电压网络对地电容电流之和,此电流值一般在个数之内,虽能对发电机线棒及定子铁芯造成严重损伤,但并不会引起定子电流或定子负序电流的增大,无法启动发电机断路器失灵保护。这样一来,当发生发电机定子接地时,如果发电机开关拒动,发电机将不能被切除故障,极有可能出现发

电机的严重烧损事故。

7 改进建议



参考文献:

- [1] 《电力设备》2007 年 11 期。
- [2] 北京四方公司.北京四方 CSC-300 数字式发变组保护装置说明书[S].北京四方,2007,5,18.