

# 一起发电机励磁柜故障导致影响扩大的案例分析

吴朝祥

(中国石化仪征化纤有限责任公司)

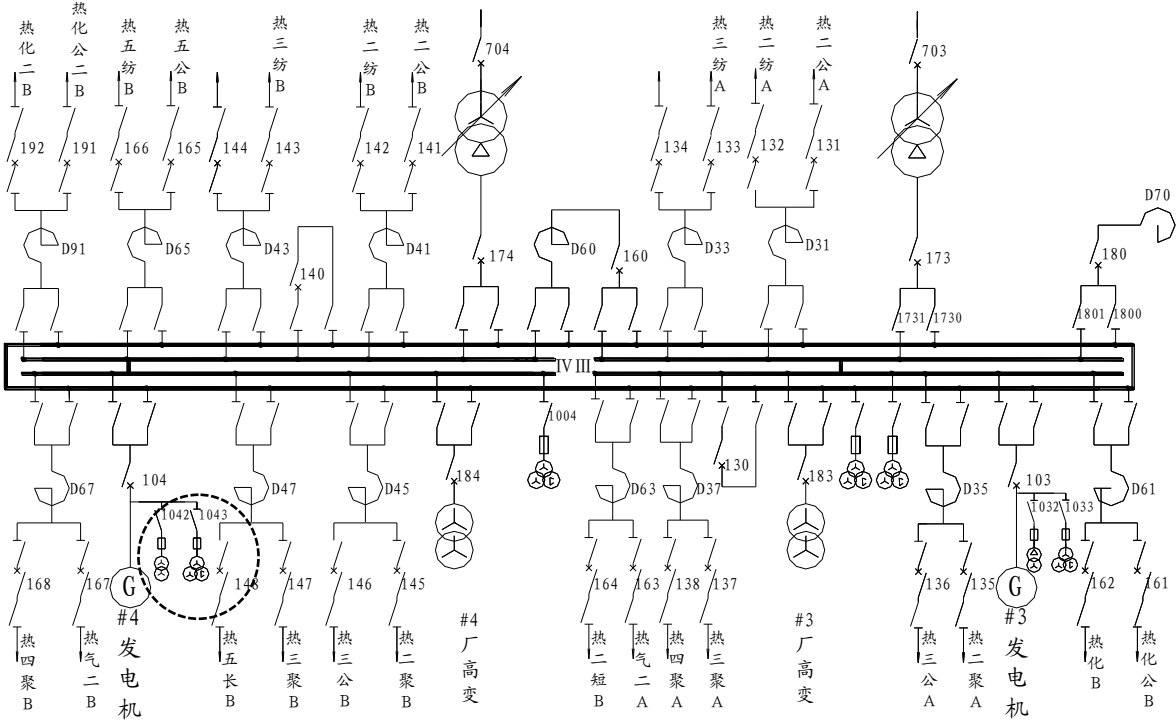
引言：某热电厂采用 DGT801C 型发电机保护装置，发电机差动保护用 CT 分别装设在发电机中性点侧母排和发电机断路器机侧母排，保护范围为发电机定子线圈及组合导线及引出线母排。

110KV 母差保护采用国电南自 SGB750 数字式母线保护装置，母差 CT 分别装设在断路器线路侧（变压器侧），保护范围为 110KV 母线。

本文通过分析上述保护下一起发电机励磁柜故障扩大的原因，提出相关改进措施，供同行参考。

## 一、事故描述

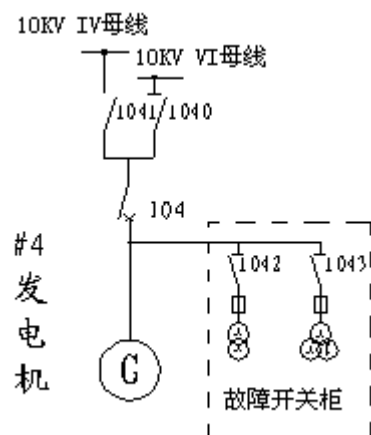
如图一所示，故障发生前该发电厂的运行方式：3#、4#发电机运行，3#、4#主变运行，10kV III 母线和 IV 段母线通过 D60 电抗器和 160 开关并联运行。



图一 事故发生前电厂运行方式

故障发生在 1042/1043 两面开关柜内，1042 开关柜是发电机励磁专用电压互感器柜，1043 是发电机保护及测量表计用电压互感器柜。与故障发生部位相关的接线原理图见图二。

故障发生地点在发电机的差动保护范围内，不在 10KV IV 母线母差保护范围内。该故障导致 4 号发电机差动保护动作，而 10KV IV 母线母差保护误动，电厂 10KV IV 段母线全部失电，14 条出线也全部失电，对应的 14 个变电所备用电源自动投入装置全部成功。故障录波显示：4#发电机提供的短路电流有效值约 27000A，峰值约 67000A，10KV III 母线电压下降至 70% 左右，故障切除时间约 180ms。



图二 4#发电机发生事故的部分原理接线图

## 二、事故原因分析

### 2.1 事故直接原因

故障发生后，在 1042 开关柜内两侧各发现一只死老鼠，1042 垂直进线母排 A、C 相母排靠近开关柜两侧面的位置熔化过半，A 相保险仍在原安装位置，B、C 相掉在地上，一相已摔坏，水平母排至电压互感器的连接母排全部烧断，部分已烧熔不见。1043 开关 A、B、C 相保险掉在地上全摔坏，水平母排至电压互感器的连接母排全部烧断，部分已烧熔不见。1042、1043 开关柜水平母排（是一个整体）A 相向东窜约 10cm，最西面的一个支持瓷瓶被拉断，B、C 相向西窜约 10cm。柜门被冲开，其中一扇倒在地上。4 号发电机励磁小室的大门一扇被气浪冲至 10m 以外，一扇被气浪冲至 2m 以外。

### 2.2 事故扩大的原因

经过分析，认为 10KV IV 母线母差保护误动导致故障扩大的原因有以下几点：

#### （1）母差保护的定值没有躲过电动机群的汲出电流

以前该发电厂的所有出线都没有接入差动保护，只能电源点接入，保护整定时按躲过所有出线可能出现的最大负荷电流之和乘以一个大于 1 的可靠系数来整定。后来，随着公司发展，各生产装置用电负荷的增大和出线的增多，最大负荷越来越大。因此，在之后更新开关柜或出线保护时，将部分负荷大的线路也接入差动保护，以此来提高保护的灵敏度。

该发电厂在整定母差保护动作值时，按躲过正常情况下没有接入母差保护线路的最大负荷电流乘一个可靠系数来整定的，并随着负荷电流的增大不断调整。本次故障时，电动机的汲出电流超过了整定值，同时电压下降幅度也超过了整定值，因此保护误动了。如果按躲过区域外短路时最大不平衡电流整定，则本次故障不会误动。

对单台电机而言，汲出电流有经验计算公式，对电动机群而言，只能通过仿真软件进行，仿真结果见表一。

表一 电动机群汲出电流仿真计算结果

| 10KV IV 未接入母差的线路 | 电机汲出电流 |
|------------------|--------|
| 热二公 B141         | 0.649  |
| 热二纺 B142         | 0.751  |
| 热三纺 B143         | 0.25   |
| 热二聚 B145         | 1.781  |
| 热三公 B146         | 1.319  |
| 热三聚 B147         | 0.729  |
| 热五公 B165         | 1.2    |
| 热四聚 B168         | 0.666  |
| 未接入母差的总电流        | 7.345  |

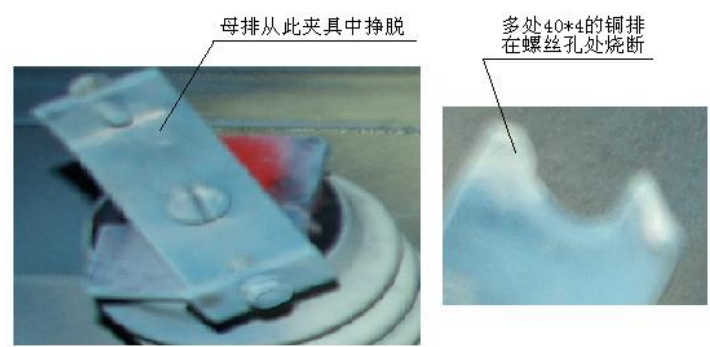
#### （2）1042/1043 电压互感器柜存在严重的质量缺陷

##### 1）缺陷一：动稳定和热稳定不足

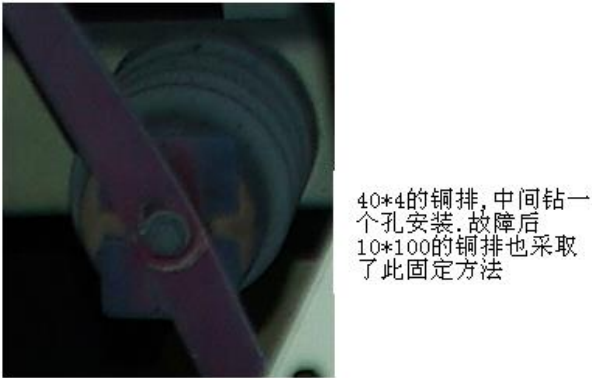
在本次事故中，我们发现开关柜内水平母排（10\*100 的铜排）中，A 相向东移动约 10cm，支撑瓷瓶被拉断，B、C 两相向西移动约 10cm，造成开关柜进线母排（60\*6 铜排）A 相和 C 相分别对开关柜柜体发电，形成 AC 两相短路，A、C 母排局部烧熔只剩下一半；水平母排连接至电压互感器柜的铜排（40\*4 的铜排）全部烧断。

动热稳定不足的原因分析：一是开关柜的进线母排没有经过穿墙套管固定，而是直接去掉顶板进入开关柜。一般开关柜的

上面被铁板封住，在铁板的适当部位开孔安装绝缘的穿墙套管（起绝缘和固定作用），母排通过穿墙套管进入开关柜。这种方式既可以防止小动物或异物从上面进入开关柜，又可以增加进入开关柜母线的动稳定。二是水平母联的固定方式存在不足，垂直母排在电动力的作用下，发生 A 相向东、BC 相向西窜动，见图三。故障抢修时作了改动，见图四。动稳定不足是造成垂直母排烧毁的原因。



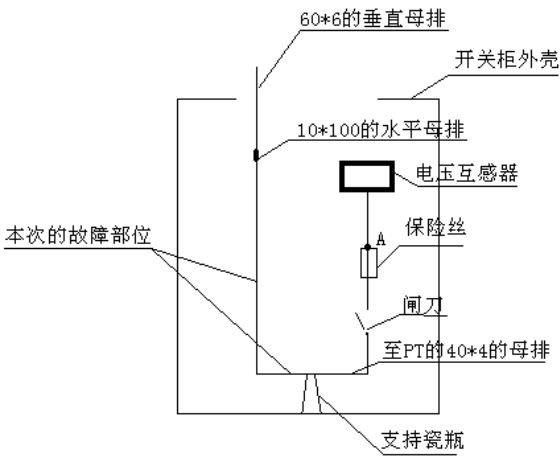
图三 故障前水平母联的固定方式



图四 故障后水平母联的固定方式

热稳定不足的原因分析：该开关柜为电压互感器开关柜，正常情况下几乎没有电流（保险丝只有 1A），因此，母排选用小了（40\*4）。校核热稳定的电流是最大运行方式下的短路电流，显然 40\*4 的铜排不能满足这个位置的热稳定要求，再在 40\*4 的铜排上钻一个Φ6 的安装孔，热稳定就更不足，导致 40\*4 的铜排在螺丝孔处烧断。热稳定不足是导致开关柜母线多处烧断的原因。

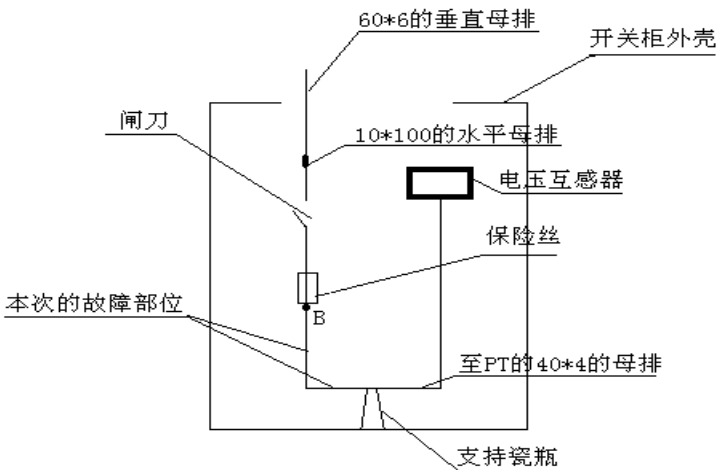
2) 缺陷二：电压互感器的保险安装位置不合适



图五 电压互感器保险实际安装位置示意图

正常运行情况下，该开关柜的电流很小，保险丝的额定电流只有 1A，一有风吹草动就会熔断。在图五中，保险丝的保护范围为图中的 A 点至整个电压互感器。本次故障部位在 10\*100 的垂直母排至闸刀之间，不在保险丝的保护范围内，因此 A 相保险完好，B、C 相保险损坏是电动力将保险从底座上拉下来摔坏的。如果保险的位置按图六示意的位置安装，则可能

会避免本次事故的扩大，因为该保险丝的额定电流只有 1A，且熔断速度快（继电保护装置有测量延时、开关有固有动作时限，而保险没有这两个延时），故障初期即可熔断，故障点立即被切断，防止了故障进一步扩大。



图六 电压互感器保险建议安装位置图

如果保险丝安装位置合适，就可能将事故限制在起始阶段，母差保护也不会误动，发电机也不会跳闸。

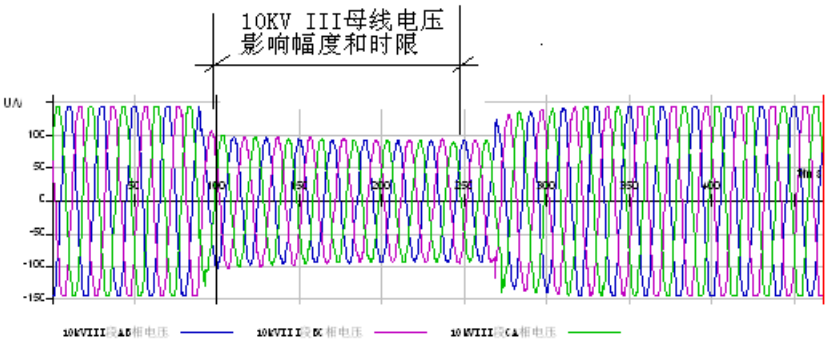
3) 缺陷三：两个电压互感器柜与柜之间没有隔板

95 年以前生产的开关柜柜与柜之间都没有隔板，96 年河南省电业局发文要求各柜之间加装隔板。4#机两个电压互感器柜之间也没有隔板，这是造成本次事故两面开关柜全部烧毁的原因。如果不隔开，最严重的后果是一段母线所有十多面开关柜全部烧毁，无法抢修。如果柜与柜间安装了隔板，可能只会烧毁一面开关柜。

4) 缺陷四：裸露母排未加装热塑套管

热电中心仅在 60\*6 垂直母排上安装了热塑绝缘套管，10\*100 和 4\*40 的母排没有安装热塑套管。如果加装了热塑套管，即使进了老鼠也不会引起短路。

(3) 发电机出口短路电流大，10KV III 母线电压也瞬间下降严重（下降至 70%左右，下降时限 180ms）



图七 10KV III 母线电压录波图

10KV III 母线和 10KV IV 母线通过电抗器 D60 连接在一起运行（见图八）。当 4 号发电机出口故障时，10KV IV 母线电压下降严重，10KV III 母线电压也因此被拉下（下降到 70%左右，持续时限 180ms，见图七），10KV III 母线的用户生产受影响。

三、总结

(1) 改变母差保护的整定计算原则，立即调整母线保护的整定值

过去母差保护是按躲过未接入母差保护系统的线路可能出现的最大负荷电流来整定的，通过本次故障后，发现该整定原则不能躲过电动机群的汲出电流，因此，母差保护的整定原则改为按躲过区外故障时的不平衡电流整定，并按躲过电动机群的汲出电流进行校验。

(2) 采取措施，提高系统一点故障后，电厂母线间的相互影响

1) 措施一：10KVI 和 II 段分开运行，III 和 IV 段分开运行

这条措施相当于正常情况下将系统一和系统二之间的限流阀关闭，彻底隔绝系统一和系统二之间的相互影响。

## 2) 措施二：调高 D50、D60 电抗值

D50 是 10KV I 和 II 段母线之间的联络电抗器，D60 是 10KV III 和 IV 段母线之间的联络电抗器。

### (3) 更新电压互感器柜

1-4 号发电机的电压互感器柜已运行 20 多年，由于存在上述的质量缺陷，建议可以考虑更新。一台电压互感器 5 万元，4 台发电机共 8 台互感器，费用约 45 万无（含安装费）。目前，电厂已加装热塑套管。

### (4) “四防”工作须认真

事故发生的直接原因：该电厂控制室“四防”工作不到位，造成老鼠进入开关柜。

## 参考文献：

- [1] 中国航空规划设计研究总院有限公司.工业与民用供配电设计手册[M].北京：中国电力出版社，2016：323-333.
- [2] 史成慧，孙建勋.发电机励磁系统故障分析[J].河北电力技术，2007.
- [3] 张海月，赵媛，王向明.发电机励磁故障的分析与处理措施[J].中国科技博览，2013.
- [4] 黄华焱.发电机励磁故障的原因和处理[J].机电工程技术，2002.