

火电厂发电机失磁保护阻抗判据的探讨

刘一丹¹, 张小易², 崔晓祥¹

(1. 江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102; 2. 江苏省电力试验研究院有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要: 介绍了火电厂失磁保护所应用阻抗判据的特点, 分析失磁保护在机组进相运行时容易产生误动的原因, 是由于励磁系统低励限制与失磁保护的整定配合不合理, 低励限制曲线与阻抗圆有交叉。指出了国产部分失磁保护反向无功判据上存在的一些问题, 这些无功判据并不能切掉阻抗圆的上半部分。利用机组容量曲线以及失磁保护阻抗圆与低励限制曲线的关系, 提出了应用低励限制曲线来验证阻抗判据整定是否合理的方法。并利用机组进相试验的数据来进一步分析失磁保护能否误动。

关键词: 失磁保护; 低励限制; 阻抗

Discussion of thermal power plant generator resistance criterion for loss of excitation protection

LIU Yi-dan¹, ZHANG Xiao-yi², CUI Xiao-xiang¹

(1. Jiangsu Frontier Electric Power Technology Corporation Limited, Nanjing 211102, China;

2. Jiangsu Electric Power Research Institute Corporation Limited, Nanjing 211102, China)

Abstract: The criterion characteristics of generator loss of excitation are introduced. The reason of loss excitation fault action during leading phase test is analyzed that underexcitation limited curve is crossed with excitation resistance round. This paper points out that reverse reactive power curve of some loss excitation protection made in China can not cut off the top of excitation resistance round. By using the relationship between underexcitation limited curve and unit capacity curve and loss excitation protection resistance round, a method is proposed to testify whether the calculation of loss excitation resistance is right or not through underexcitation limited curve. The leading test data is used for further analyzing whether the loss excitation protection can act rightly or not.

Key words: loss excitation protection; underexcitation limited; resistance

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)20-0235-03

0 引言

隐极发电机失磁保护在运行过程中要经过三个阶段: 第一阶段是机组失去静稳之前的过程(功角小于 90°); 第二阶段是机组进入静稳极限状态(功角等于 90°); 第三阶段是机组进入异步运行(功角大于 90°)状态。这三个阶段从发电机机端所得到的测量阻抗分别不同。图 1 为单机对无穷大系统简图, 发电机与无穷大系统之间的阻抗为 jX_s , 假设无穷大母线处电压 U_s 恒定不变。

图 2 就是在机端侧测量到的三个阶段的阻抗边

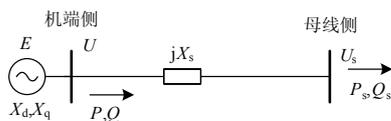


图 1 单机系统简化图

Fig.1 Diagram of stand-alone system

界示意图。第一阶段是等有功阻抗圆, 圆心为

$$Z_c = \frac{U_s^2}{2P_s} + jX_s, \text{ 半径为 } Z_r = \frac{U_s^2}{2P_s}$$

等有功圆对应某一个给定的有功功率, 不同的有功功率对应圆的半径也不一样, 功率越大等有功圆的半径越小。第二阶段机端测量到的阻抗边界理论上也是一个圆, 即静稳边界阻抗圆, 圆心 $Z_c = -j(X_d - X_s)/2$, 半径 $Z_r = (X_d + X_s)/2$ 。第三阶段的异步边界是工程上一种近似表达发电机异步运行时机端阻抗

边界, 圆心为 $Z_c = -j \frac{1}{2} (X_d + X_d'')$, 半径

$$Z_r = \frac{1}{2} \cdot (X_d - X_d'')$$

一般地, 将异步阻抗边界圆 X_d'' 以 $\frac{1}{2} X_d'$ 代替。

发电机在进相运行时, 机端测量阻抗轨迹就可

能落到阻抗平面的第四象限。如图 2 所示，机端测量到的等有功圆有可能与静稳边界阻抗圆或异步边界阻抗圆相交，相交后失磁保护就动作了。为避免发电机进相运行时失磁保护误动作，必须对失磁保护的整定结果进行验证。

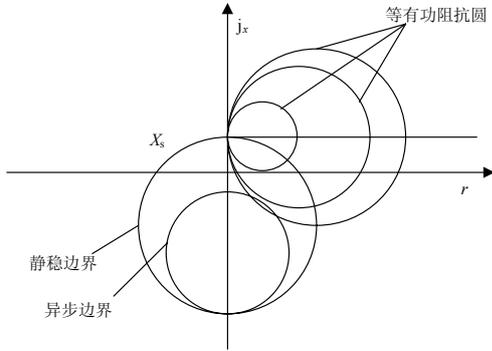


图 2 失磁保护的几个阶段过程阻抗圆比较

Fig.2 Resistance rounds comparison for loss of excitation protection stage

1 火电厂几种失磁保护阻抗判据特点

国内 600 MW 及以上火电机组发变组保护主要分为以下几类：

- 1) 南京南瑞继保电气公司生产的 RCS985 系列发变组保护装置；
- 2) 南京国电南自凌伊电力自动化有限公司生产的 DGT801 系列发变组保护装置；
- 3) 北京四方继保自动化股份有限公司 CSC-306 数字式发电机保护装置；
- 4) 河南许继电气公司生产的 WFB-800 发变组保护装置；
- 5) ABB 公司 REG216 数字式发电机保护装置；
- 6) 美国 GE 公司生产的 UR 系列 G60 发电机保护装置。

国产保护阻抗判据均有两种，一个是静稳边界阻抗圆，另一个是异步边界阻抗圆；国外保护如 ABB 及 GE 的失磁保护只采用异步圆。其中 G60 的失磁 1 段阻抗圆是异步圆内的小圆，失磁 1 段需要有 50 ms 的延时以确保装置检测 PT 断线的时间，并且失磁一段能够从阻抗半径上躲开发电机出口经过渡电阻的相间短路；失磁 2 段是针对任何工况下机组失磁的情况，失磁 2 段是个异步圆，为确保失磁 2 段不误动，一般要求失磁 2 段整定的延时最小为 0.5 s。

图 3 就是部分国产失磁保护说明书描述的静稳边界阻抗及异步阻抗示意图，其阻抗平面上都有一个反向无功的辅助判据。从保护的整定上看，很容

易被这种示意图误导。而反向无功曲线在阻抗平面上其实并不是如图 3 所示的能够切去阻抗圆一部分的直线，反向无功曲线转化到阻抗平面上实际上如图 4 所示。

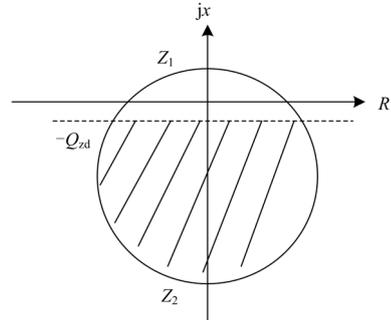


图 3 部分国产失磁保护反向无功曲线

Fig.3 Reverse reactive power curve of loss excitation protection made by some inland manufacturers

图 4 所示的反向无功曲线（反向 20% 以内）在阻抗平面上是远离阻抗圆的曲线。越靠近阻抗圆侧越是有功负荷较大集中区，远离阻抗圆则是有功负荷较小的区域。从图 4 不难看出，反向无功曲线并不能切去阻抗圆的上部。所以在失磁保护的整定上，可以不用考虑反向无功的整定（大部分保护厂家要求反向无功在 20% 以内）。

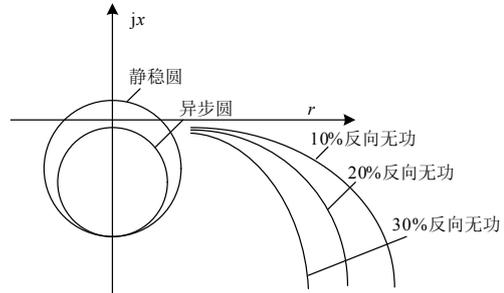


图 4 反向无功曲线在阻抗平面上的轨迹

Fig.4 Track of reverse reactive power curve in r-x reference frame

2 低励限制与失磁保护阻抗特性配合

要验证失磁保护阻抗判据的整定是否合理，可以通过发电机励磁系统的低励限制曲线来进行验证。一般地，发电机励磁系统的低励限制曲线是在 P-Q 平面上的无功功率和有功功率的关系。

低励限制的边界应该依据发电机制造厂提供的发电机容量曲线来确定的。在 P-Q 平面上，二者之间的关系应按照图 5 所示。

低励限制边界是在 P-Q 平面上的，可以根据公式 (1)、(2) 转化至阻抗 (r-x) 平面上的曲线。

$$\begin{cases} r = \frac{PU^2}{P^2 + Q^2} & (1) \\ x = \frac{QU^2}{P^2 + Q^2} & (2) \end{cases}$$

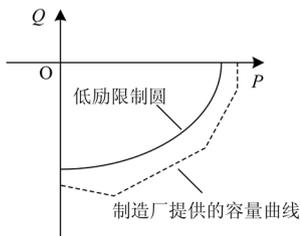


图 5 低励限制曲线与容量曲线的关系

Fig.5 Relationship between underexcitation limited curve and capability curve

利用公式 (1)、(2), 将图 6 的 $P-Q$ 平面上的低励限制曲线转化为 $r-x$ 平面上的阻抗曲线, 并且和失磁保护整定的静稳圆与异步圆对比 (如图 7 所示), 低励限制曲线完全在阻抗圆之外, 说明失磁保护的阻抗圆整定比较合理。

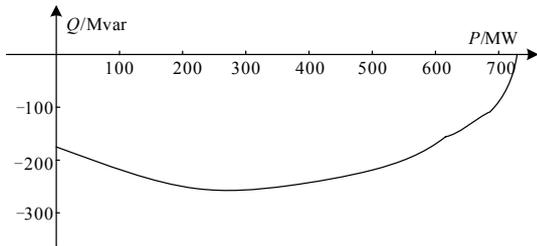


图 6 某厂低励限制曲线

Fig.6 Underexcitation limited curve of a power plant

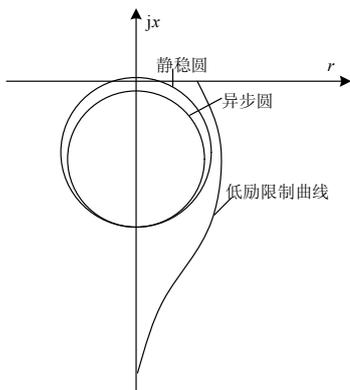


图 7 某厂低励限制曲线和阻抗圆之间的关系

Fig.7 Relationship between underexcitation limited curve and resistance rounds

3 某厂进相试验数据的分析

很多电厂都担心发电机做进相试验时, 失磁保护是否容易误动。其实只要阻抗圆与低励限制曲线配合合理, 失磁保护是不会误动的。下面通过某厂进相试验的数据描绘了其进相运行的阻抗轨迹 (图 8)。

此厂失磁保护采用异步圆, 圆的上下阻抗分别为: $Z_1 = -2.53 \Omega$; $Z_2 = -36.2 \Omega$ 。

表 1 为该厂做进相试验的部分数据记录, 根据进相试验的数据, 做出了阻抗平面上的机组实际运行的阻抗轨迹 (图 8 阻抗圆右侧)。可以看出阻抗轨迹离阻抗圆还有一定的距离。

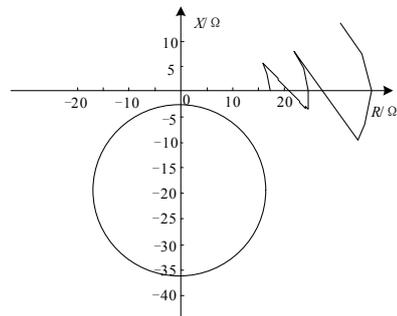


图 8 进相试验时阻抗轨迹与异步圆比较

Fig.8 Comparing resistance track with asynchronism round

表 1 某厂进相试验数据记录

Tab.1 Track record for leading test of a power plant

有功/ MW	无功/ Mvar	功率 因数	发电机功角/ (°)	定子电压 U/ kV
303.8	131.5	0.92	28.6	19.61
304.0	63.1	0.98	33.9	19.18
302.8	1.6	1.0	39.5	18.69
303.0	-57.8	-0.98	47.1	18.19
303.5	-78.7	-0.97	50.0	18.00
302.1	-82.7	-0.96	50.4	18.00
301.6	-85.8	-0.96	40.9	18.13
452.8	162.5	0.94	36.9	19.67
452.8	87.8	0.98	42.7	19.21
450.1	-0.4	1.0	51.1	18.50
445.7	-62.0	-0.99	57.9	17.99
460.4	-50.5	-0.99	57.5	18.01
455.1	-61.5	-0.99	57.9	18.09
627.4	220.3	0.95	42.5	19.77
642.8	135.8	0.98	49.1	19.30
644.6	1.8	1.0	60.7	18.20
634.5	10.7	1.0	59.9	18.20
633.3	10.4	1.0	59.1	18.41

(下转第 240 页 continued on page 240)

此时，一方面如图 1(b)中所示继电器 K2 的动合触点 K2 (1、2) 接通，驱动器 H2 得电，驱动 LED 文字显示器“严禁合闸”闪亮，提醒操作人员注意对应的设备处于检（抢）修状态，接地线已挂接，切不可合闸。由此，有效地避免了设备带接地线时误合电源总闸行为的发生。另一方面如图 1(d)中所示继电器 K2 的动断触点 K2 (3、4) 断开，切断了电动操作开关的工作电源，智能控制器对设备的电源总闸进行闸刀状态的锁控（即便操作人员想合设备电源总闸都无法实施），从而有效地防止了误操作事故的发生，确保了操作人员安全和设备安全。只有当设备检（抢）修结束，摘除图 2 夹接在设备电源上接地棒（线）后，设备接地铝排 D 与接地取样铜板 Q 不相连，继电器 K2 动合触点（1、2）断开，LED 显示装置图 1(b)“严禁合闸”指示熄灭，则设备方可进行合闸操作。与此同时，电操智能控制系

统如图 1(d)，继电器 K2 的动断触点 K2 (3、4) 接通，闸刀状态锁控解除，智能监控器方才允许操作人员对设备电源总闸做合闸操作。应用 FWC 智能监控保护器负载挂接接地线示意图如图 2 所示。

4 结束语

FWC 智能监控保护器，不但具有能够可靠地、实时地监测设备工作状态，有效锁控设备电源总闸电动操作开关动作，防止误拉、误合电源等功能。同时，还具有减轻操作人员劳动强度缓解操作人员精神压力等作用。在制作应用方面，具有取材方便、安装简单、应用广泛、实用性强，可靠性、安全性等优点。可在任何带负荷的电源电动操作开关中推广应用。

参考文献

[1] 高国明.《最新电力系统安全生产规程及运行与意外故障防范应急处理实用全书》[M].北京：中国电力出版社，2006.

收稿日期：2009-11-05； 修回日期：2010-01-05

作者简介：

程林飞（1955-），男，大专，高级工程师，主要研究方向为广播发射台维护和管理；E-mail: clf996@126.com

池钟填（1967-），男，本科，总工，高级工程师，主要研究方向为广播发射台维护和管理；

曾国龙（1964-），男，大专，工程师，主要研究方向为广播发射台维护。

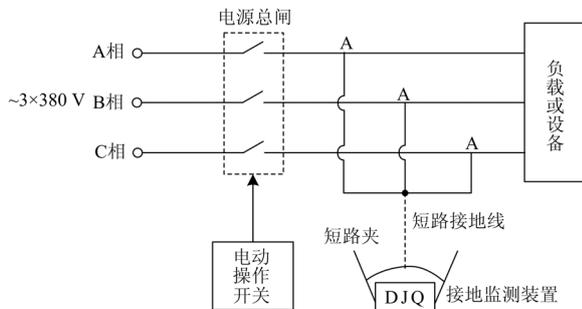


图 2 负载挂接接地线时电路示意图

Fig.2 Schematic diagram of the load attached grounding rods

（上接第 237 页 continued from page 237）

4 结语

失磁保护是发电厂涉网保护中一项重要的保护，失磁保护的阻抗判据是其中的核心。发电机进相运行时失磁保护是否容易误动，主要还是看在阻抗平面上低励限制曲线与整定的阻抗圆之间的关系是否合理。

参考文献

[1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M]. 二版.

北京：中国电力出版社，2002.

收稿日期：2009-11-05； 修回日期：2010-04-21

作者简介：

刘一丹（1972-），男，高级工程师，硕士，主要从事电力系统继电保护等工作；E-mail: lydjsepc@126.com

张小易（1978-），男，工程师，硕士，主要从事电力系统继电保护等工作；

崔晓祥（1979-），男，工程师，硕士，主要从事电力系统继电保护等工作。