

发电机进相运行时失磁保护动作特性分析

蒋一泉¹, 刘一丹¹, 张小易²

(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 211103)

摘要: 分析了发电机失磁保护阻抗判据的特点, 提出了将发电机低励限制曲线转化为阻抗平面的方法, 以及阻抗平面上阻抗圆与低励限制曲线的配合关系, 分析进相试验时机端测量阻抗的轨迹与阻抗圆之间的关系, 提出进相试验时, 防止失磁保护误动的方法。

关键词: 进相; 失磁保护; 阻抗; 低励限制

中图分类号: TM77

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2010)03-0021-03

发电机进相运行时, 发电机失磁保护是否容易误动需要通过一种比较直观的方法进行判断。一般发电机失磁保护配置在发电机保护柜中。而励磁系统的低励限制功能能否与发电机的失磁保护阻抗判据配合起来, 必须要经过电厂继电保护人员进行详细的验证。所以, 对于失磁保护而言, 低励限制必须满足发电机进相运行时机端测量阻抗不进入到失磁保护所整定的阻抗圆内^[1,2]。

1 发电机失磁保护阻抗判据的特点

隐极发电机失磁保护在运行过程中要经过3个阶段。第一阶段是机组失去静稳之前的过程(功角 $< 90^\circ$); 第二阶段是机组进入静稳极限状态(功角 $= 90^\circ$); 第三阶段是机组进入异步运行(功角 $> 90^\circ$)状态。这3个阶段从发电机机端所得到的测量阻抗分别不同。在机端侧测量到的3个阶段的阻抗边界示意, 如图1所示。

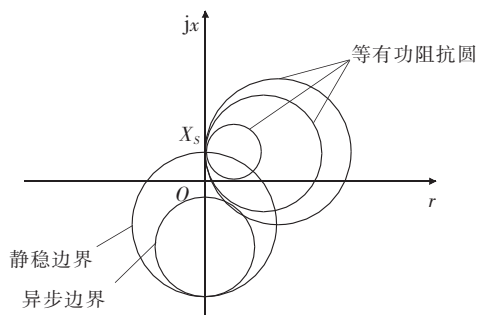


图1 失磁保护的几个阶段过程阻抗圆比较

第一阶段是等有功阻抗圆, 每个等有功阻抗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, 功率越大等有功阻抗圆的半径越小。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。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。

发电机在进相运行时, 机端测量阻抗轨迹就落到阻抗平面的第四象限。如图1所示, 机端测量到的等有功阻抗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。

目前江苏省发电机失磁保护阻抗判据的特点基本上都是利用静稳圆或异步圆进行整定的, 另外配合上一些辅助判据, 但在失磁保护动作问题上, 关键还是研究其阻抗判据的特性^[3]。

如图1所示, 等有功阻抗圆必须要经过励磁系统低励限制功能的作用, 才能保证发电机进相运行时, 其机端测量阻抗不进入到静稳边界阻抗圆或异步边界阻抗圆内。

2 发电机低励限制曲线向阻抗平面的转换

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。低励限制曲线与容量曲线的关系, 如图2所示。

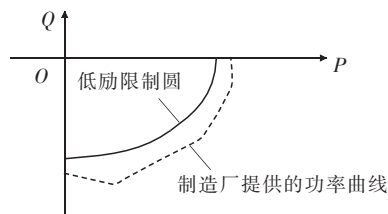


图2 低励限制曲线与容量曲线的关系

但是, 图2所示的低励限制曲线仅仅是在P-Q平面上的无功功率与有功功率之间的关系; 而失磁保护的阻抗判据是阻抗平面上的曲线。

低励限制边界是在P-Q平面上的, 可以根据以下公式转化至阻抗(r-x)平面上的曲线, 为:

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

转化过程中要注意发电机失磁保护所采用的电压互感器以及电流互感器的实际变比,最终转化到保护所用的二次电压及二次电流的等级上。

某厂 660 MW 燃煤机组低励限制曲线如图 3 所示。应用上述的转化公式,利用 MATLAB 软件对 $P-Q$ 平面上的低励限制曲线进行转换,就得到图 4 所示的阻抗平面上的低励限制曲线。

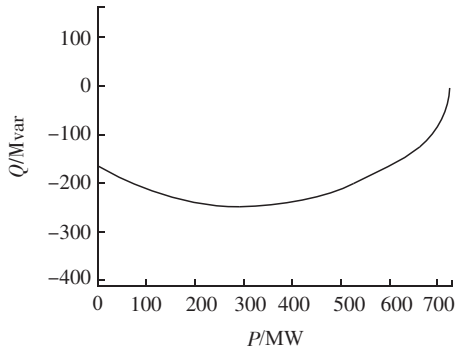


图 3 某厂 $P-Q$ 平面上的低励限制曲线

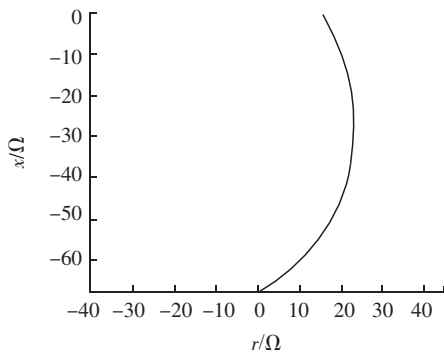


图 4 由 $P-Q$ 平面转化到阻抗平面上的低励限制曲线

3 低励限制曲线与失磁保护阻抗圆之间正确的配合关系

将静稳极限阻抗边界图、异步边界阻抗图、转化为 $r-x$ 平面的低励限制边界图都放在同一个阻抗平面上,其间的包含关系如图 5 所示。它们的范围由大到小依次为:低励限制边界→静稳极限阻抗边界→异步边界阻抗。

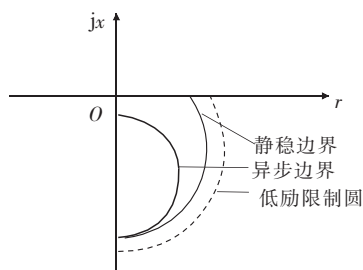


图 5 几种边界在阻抗平面上的关系对比

某厂低励限制曲线与整定的异步圆之间的关系,如图 6 所示。低励限制曲线没有完全在阻抗圆之外,所以失磁保护阻抗判据的整定与低励限制的配合是不合理的。

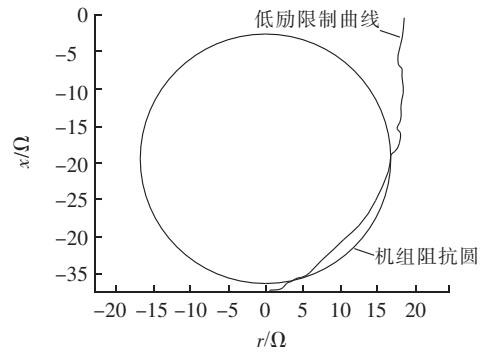


图 6 低励限制曲线与失磁保护配合不合理的情况

某电厂 660 MW 机组失磁保护阻抗判据的整定与低励限制曲线的关系,如图 7 所示。它正符合图 5 所描述的三者之间的关系,可见其整定比较合理,失磁保护在发电机进相运行时不会误动。

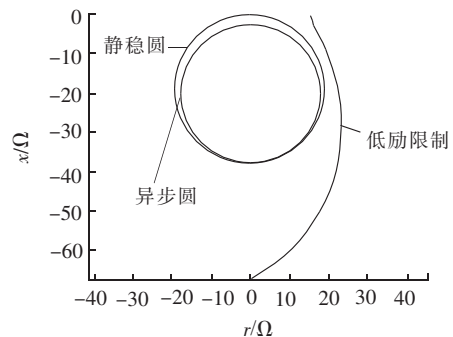


图 7 某厂低励限制曲线和阻抗圆之间的合理配合

4 发电机进相试验时的机端测量阻抗轨迹

某厂做进相试验的部分数据记录,如表 1 所示。根据进相试验的数据,作出了阻抗平面上的机组实际运行的阻抗轨迹(见图 8 阻抗圆右侧)。

表 1 某厂进相试验数据记录

有功 / MW	无功 / Mvar	功率因数	发电机功角 / (°)	定子电压 / 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

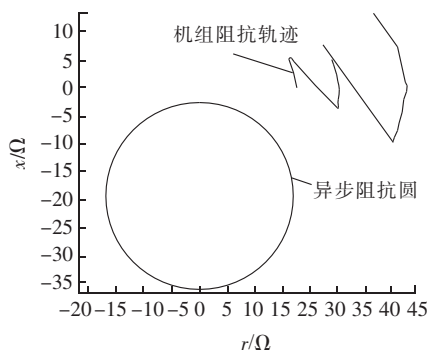


图8 进相试验时阻抗轨迹与异步圆比较

从图8可以看出,此机组进相运行时,失磁保护运行正常,机端测量阻抗与异步阻抗圆没有相交。

5 结束语

许多电厂对发电机进相运行时失磁保护是否容易误动存在疑虑,本文正是从失磁保护阻抗判据的特点,分析了低励限制曲线与阻抗平面上阻抗圆之间的配合关系。所以,发电厂在做进相试验之前,最

好将进相试验方案中的有功功率与无功功率曲线的关系转化到阻抗平面上与失磁保护的阻抗圆进行比较,确保试验能够可靠进行。另外,合理的低励限制曲线与阻抗判据整定的配合,也是防止失磁保护误动的一个重要方法。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 姚子麟. 发电机进相运行对失磁保护的影响[J]. 浙江电力, 1998,17(6):41-45.
- [3] 薛伊琴. 发电机失磁保护原理的比较和分析[J]. 继电器, 2005,33(20):33-35.

作者简介:

- 蒋一泉(1978-),男,江苏盐城人,工程师,从事电力系统继电保护工作;
- 刘一丹(1972-),男,辽宁庄河人,高级工程师,从事电力系统继电保护工作;
- 张小易(1978-),男,河南许昌人,工程师,从事电力系统继电保护工作。

Analysis on the Characteristics of Protection Action for the Loss of Excitation Protection during Generator Leading Phase Operation

JIANG Yi-quan¹, LIU Yi-dan¹, ZHANG Xiao-yi²

(1.Jiangsu Frontier Electric Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2.Jiangsu Electric Power Research Institute Co. Ltd., Nanjing 211103, China)

Abstract: The criterion of the loss of excitation in generators is analyzed in the paper, and the method for the transformation of low excitation limit curve to impedance plane as well as the relationship between impedance circle on the impedance plane and low excitation limit curve is proposed in the paper. Based on the analysis of the relationship between the track of impedance measured during the leading phase experiment and the impedance circle, the method to avoid malfunction is provided.

Key words: leading phase; loss of excitation protection; impedance; low excitation limit

世界博览会的由来

在古代农耕社会,人们往往在庆贺丰收、宗教仪式、欢度喜庆的节日里展开交易活动,后来逐渐发展成为定期的、有固定场所的、以物品交换为目的的大型贸易及展示的集会。这就是世博会的最早形式。公元5世纪,波斯举办了第一个超越集市功能的展览会。

18世纪,随着新技术和新产品的不断出现,人们逐渐想到举办与集市相似,但只展不卖,以宣传、展出新产品和成果为目的的展览会。1791年捷克在首都布拉格首次举办了这样的展览会。随着科学技术的进步,社会生产力的发展,展览会的规模也逐步扩大,参展的地域范围从一地扩大到全国,由国内延伸到国外,直至发展成为由许多国家参与的世界性博览会。

能量之盒“飞来石”

国家电网世博企业馆展馆中央是一个光影幻动、流光溢彩的透明晶体“能量之盒”,它也是整个展馆建筑的精华部分。白天,它呈现出一派光影流动、凹凸变幻,将参观者带入了电力新技术的“奇妙畅想世界”;夜晚,它被突然“点亮”,犹如银河乍泄,星光迸射。参观者无论在展馆前、广场上,还是在远处的步行道上,都能看到它烟花盛放般的容姿。当参观者离开展区,开始踏上回家的路时,回头遥望,它仍然在世博的夜空中耀眼光辉,演绎着一个关于光与电的梦想。走近观察就会发现,这个能量块居然是“飞”在半空中的——它被两侧建筑高高地抬了起来,悬浮在空中,仿佛有一种向上的动力托举着,让人感觉即将腾空而起,形象上堪比杭州的飞来石,只是多了些晶莹剔透、多了些高科技的“神妙莫测”!更有意思的是,这个“能量之盒”还是一道人性关怀的风景。它仿佛一把凌空飞起的大伞,可以为排队等候进入场馆的参观者遮阳挡雨。