

一次机组进相运行试验的再讨论

梁静¹ 陈小夏¹ 常喜强² 张锋¹ 杨桂兴³

(1. 新疆电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830002;
3. 新疆大学, 新疆 乌鲁木齐 830047)

摘要: 为防止在负荷低谷时疆南地区电网无功过剩, 导致电压超过允许范围, 因此对喀什地区最大的发电厂之一前海热电厂 50 MW 发电机组做进相运行试验。主要针对前海热电厂一台 50 MW 机组的进相运行试验实况进行了分析, 针对试验过程中出现的问题, 对该机组进相运行试验步骤进行思考和分析, 提出优化建议及总结。

关键词: 进相; 试验; 电压; 温升

Abstract: In order to avoid the reactive power surplus of power grid in the south area of Xinjiang during valley period of load to lead the voltage to exceed the allowable range, so the leading phase operation for 50 MW generator set in Qianhai Thermal Power Plant, which is one of the largest power plants in Kashgar Prefecture, is carried out. The actual situation of leading phase operation test is mainly analyzed. According to the problems occurring during the test, the test procedures of leading phase operation of that generator set are considered and analyzed, and the optimization suggestions and summaries are proposed.

Key words: leading phase; test; voltage; temperature rise

中图分类号: TM732 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2011)06-0085-04

0 引言

由于新疆南部地区电网 220 kV 大容量输电线路的不断增加, 输电线路越来越长, 线路相间和对地电容相应增大, 系统的容性负荷大量增加, 造成疆南金鹿地区无功功率过剩, 在节假日用电负荷处于低谷时, 系统发出的总感性无功可能大于用户所需的感性无功和线路的无功损耗总和, 致使电网局部电压偏高, 严重影响电网送变电设备的安全可靠地运行。因此必须吸收系统多余的无功功率, 降低电网电压, 而机组进相运行是快速调整电压最经济、最有效的方法之一, 故要求相关的机组做进相运行试验, 在系统负荷处于低谷时进相运行, 即通过励磁系统降低发电机的励磁电流, 使发电机由迟相运行转变为进相运行, 吸收无功, 但机组进相运行时, 会造成系统静稳定水平下降, 目前疆南电网与新疆电网主系统联系薄弱, 系统的静稳定水平较低, 地区电网中较大的发电机组仅为喀什发电厂 (4 × 50 MW) 和前海热电厂 (2 × 50 MW) 机组, 喀什发电厂机组已经做过进相运行试验, 故针对新投运的前海热电厂进行进相运行试验具有重要的意义。下面就此次试验进行分析, 针对试验过

程中出现的问題, 并提出优化方案及注意事项。

1 前海热电厂所在地区网架结构简介

前海热电厂所在地区网架结构如图 1。

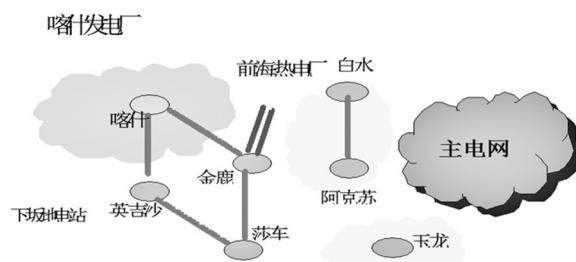


图 1 前海电厂所在地区的电网简图

由图 1 可看出, 前海热电厂位于金鹿变电站 220 kV 金鹿变电站连接 4 回长距离输电线路 [均为 LGJ-2 × 300 230 km], 与系统联系薄弱, 该地区无功直接影响到整个地区的电压质量。电压调整控制难度很大成为该地区的主要焦点。而目前该地区动态电压调整手段只有前海热电厂。

2 主接线形式及励磁系统简介

前海热电厂主接线图如图 2, 试验 2 号机组采用

机端自并励磁方式。

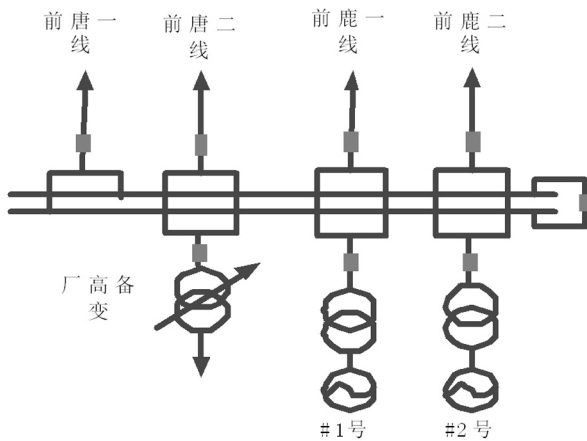


图2 前海热电厂主接线图

3 喀什地区电网稳定性

通过图2可以看出,喀什地区与主系统的联系薄弱,系统的短路容量较小,短路电流仅为6kA,系统抗电压波动能力较差,大负荷时缺少动态电压支撑,电压偏低,静稳定水平较低,小负荷时电压偏高,高于242kV情况时有发生,在故障情况下,电压反复高低问题更加突出,稳定性较弱。

4 进相运行试验的情况及出现的问题

4.1 发电机组进相运行原理及约束条件

(1) 发电机进相运行的基本原理

发电机发出有功,而吸收无功的运行状况即为进相。但此种状况下发电机定子电压要下降。发电机的有功无功励磁运行是依靠反应转矩维持同步运行的,其电磁功率包含两部分,即基本电磁功率和附加电磁功率,基本电磁功率是由励磁电流决定的,附加电磁功率是由转子凸极效应确定的。发电机组常规进相能力一般为0.95,约为有功的0.34倍。

(2) 发电机组进相运行约束条件

进相运行是降低机组的热稳定性和静稳定极限为代价来实现的,进相能力和深度把握不好,将会造成电压突然急剧下降,造成系统静稳定破坏及对发电机的损害。

此次试验约束条件定值如表1。

4.2 进相运行效果检查及进相深度试验结果

4.2.1 机组进相深度仿真分析

表1 发电机组进相运行约束条件

内容	约束条件及说明	定值
发电机静稳定	为保证发电机的静稳定,在试验中监视发电机的进相无功值不应该超过厂家给出的边界值。当自动励磁调节器投入运行时,大大提高了发电机的静态稳定极限,增强稳定运行的能力。	最大发电机(相对于等值机)功率角不应该超过90度。
定子各端部部件的温升	试验时监测端部各部件温度不超过限值,定子铁心温度不超过120℃,定子绕组温度不超过90℃。	
发电机定子电流	发电机进相运行时定子电流不应超过额定电流。	
发电机转子电流	发电机转子电流不低于额定值的10%。	
110kV母线电压	110kV母线电压不低于调度规定的下限值。	110~121kV。
厂用电母线电压	进相运行时,随着发电机励磁电流的减小,发电机端电压降低,厂用母线电压也会降低。进相运行试验时要求发电机电压不低于0.9倍额定电压,低于上述值时进相深度不能继续加大,并增加励磁以减小进相深度。	6kV母线电压不低于5.7kV。

为确保进相运行试验的顺利进行,进行了模拟仿真分析,初步确定满足系统安全稳定运行,发电机组满出力时的进相运行深度为20Mvar,具体如图2。

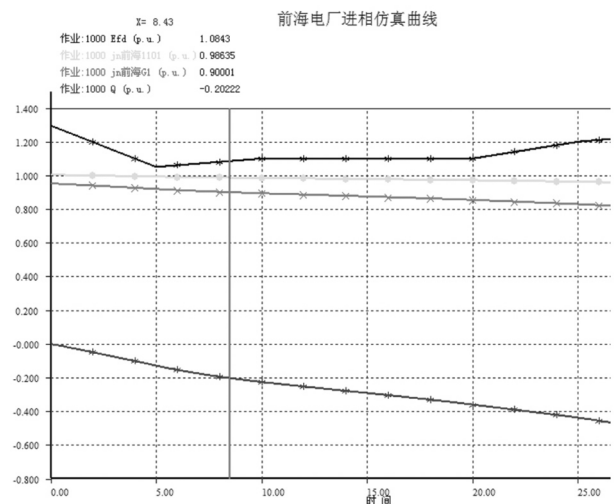


图3 仿真前海电厂2号机组进相深度与电压曲线

4.2.2 机组进相试验情况及进相深度试验结果

逐步减少发电机无功出力,功角 δ 每增加 6° 读取一组数据,直至试验限制条件中任一条件受到限制为止。试验中当 Q 减少到预测的静稳极限或功率角大于 70° 时,应放缓减磁速度,试验结果见表3。

表 3 2 号发电机进相运行静稳试验结果

序号	有功 P /MW	无功 Q /Mvar	功角 δ /°	功率因数 $\cos\varphi$	定子电流 /A	定子电压 /kV	转子电流 /A	转子电压 /V	系统电压 /kV	6 kV 厂用 电压 /kV
1	50.17	-3.433	25.84	0.998	2726.0	10.61	554.4	96.17	120.4	6.3
2	49.79	-8.514	28.51	0.986	2784.7	10.45	522.27	90.86	119.1	6.2
3	50.12	-21.72	37.72	0.918	3156.8	9.99	474.87	83.34	116.6	6.1
4	50.091	-28.11	44.10	0.872	3403.9	9.76	465.54	80.73	114.5	5.9
5	45.28	-1.729	22.56	0.999	2444.0	10.66	534.35	91.51	120.3	6.3
6	44.91	-12.95	28.26	0.961	2612.5	10.32	464.79	80.48	118.4	6.2
7	44.99	-21.57	34.49	0.902	2875.4	10.03	431.07	74.39	116.8	6.1
8	45.39	-29.06	47.45	0.839	3219.8	9.73	421.82	73.11	114.9	6.0
9	40.70	0.389	19.09	1.000	2169.3	10.76	521.69	89.32	121.1	6.3
10	40.54	-12.83	25.61	0.953	2364.8	10.37	432.8	74.81	118.7	6.2
11	40.37	-22.14	31.73	0.877	2647.7	10.05	390.65	67.66	117.1	6.1
12	38.88	-29.63	37.71	0.795	2895.9	9.77	361.43	62.57	114.6	6.0
13	35.74	0.723	15.94	1.000	1894.5	10.82	496.73	84.29	121.5	6.3
14	35.63	-12.76	22.36	0.941	2094.2	10.41	396.76	67.83	119.3	6.2
15	35.13	-23.34	28.74	0.833	2424.8	10.05	343.29	59.23	117.3	6.1
16	35.16	-30.09	41.19	0.745	2798.5	9.77	315.67	48.90	115.5	6.0
17	30.30	1.223	14.29	0.999	1609.5	10.77	471.43	80.24	120.1	6.3
18	30.10	-13.7	20.45	0.91	1857.6	10.26	348.9	58.88	117.8	6.2
19	30.16	-19.85	23.65	0.835	2071.5	10.07	314.45	53.51	116.8	6.1
20	30.25	-30.57	36.38	0.709	2539.6	9.74	280.61	47.94	114.4	6.0

从表 2 测量数据看,发电机有功负荷控制在 50 MW 进相无功为 -28 Mvar 时,110 kV 母线电压由 120 kV 降至 114.5 kV,发电机功角为 44.1°。由此可以看出,发电机进相运行深度受 110 kV 母线电压的限制。当发电机有功负荷分别控制在 45 MW、40 MW、35 MW、30 MW 时,发电机进相深度也受到 110 kV 母线电压的限制。

试验测得 $P=50$ MW 时的最大进相深度为 28.11 Mvar。 $P=30$ MW 时最大进相深度为 30.57 Mvar。

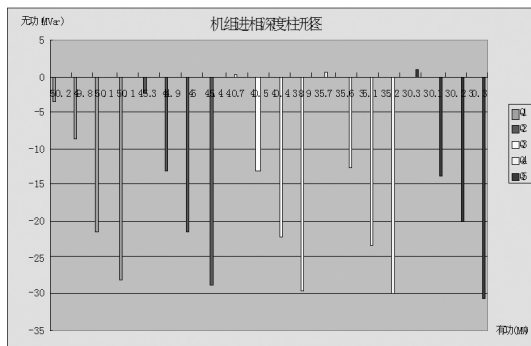


图 4 前海热电厂 2 号机组试验进相深度图

4.3 温升试验

根据静稳试验结果,按照最大进相深度的 95% 确定不同有功负荷下温升试验的进相无功,每种工况试验时间为 2 h 左右,间隔 20 min 读取一组温度数据,各点温度在一小时内变化小于 1 °C 时,即认为发电机温升已稳定,读取和确定最终温度。

4.4 出现的问题

此次试验过程中在进行进相运行试验时,当发电

机组有功负荷控制在 50 MW 进相无功为 -24 Mvar 左右时,发生机组失磁现象,机组失磁保护动作,切除机组,试验中断。

失磁保护动作是否表明机组真的失磁,还是失磁保护整定存在问题呢? 需要进行分析查清一下以下两个问题。

(1) 如果是机组真的失磁,失磁保护正确动作,那么就可以确认机组进相深度以及失磁边缘。为以后的运行打下基础,确保电网和机组在进相时安全稳定运行

(2) 如果是机组失磁保护原理存在问题、定值整定存在问题,那么需要改进失磁保护原理及定值整定。以消除继电保护隐患。

为了对前海热电厂 2 号机组进相运行试验进行了再仿真,仿真采取模拟前海热电厂 2 号机组进相运行前的系统运行工况,同时,根据电力系统分析综合稳定程序 psasp 进行了仔细的仿真分析,经分析,发现如下问题。

(1) 机组进相深度与实验前理论计算仿真结果差异较大,造成试验中深度控制出现较大偏差。

试验前,为确保试验准确及对结果有一定的预知,进行了试验仿真分析,确定了机组的进相曲线,但仿真工况和实验工况有一定的差别,电压水平未完全一样,仿真模拟故障与实际也有一定的差别。

(2) 机组理论仿真,按进相深度及试验时的运行工况不会造成机组失去静稳定,未达到静稳定失磁失

步园。

(3) 深入分析机组失磁保护原理,发现励磁系统中失磁保护存在一定的缺陷。

试验前,对机组失磁保护的定值及有关原理进行了了解,但是了解不透彻。现场失磁保护有基于两种判据的动作特性原理的整定,一种是按稳态异步边界条件整定,一种是采用的是静稳极限阻抗圆边界条件,现场是按第一种判据条件整定的,当机组进相达到一定程度时,测量阻抗就落入到动作区内,而实际机组未到失磁区,并为真正失磁,只是进相深度较大而已。此次保护未考虑机端低电压判据,只满足一个条件,即当机组进相深度达到一定值时,机端测量阻抗就会落入失磁保护的定值范围。条件过于单一,而发电机组真正失磁时,会伴随有发电机端电压、高压母线电压偏低情况,故加上这个条件,就可以多一层防误,就会避免此种情况的出现和发生。因此,对于重要的发电机涉网失磁保护应认真研究采用不同特性的失磁保护的优缺点,深入思考其防范措施。

(4) 试验过程中对试验相关数据分析存在一定的不足,造成试验中失磁保护动作。

试验过程中,对试验相关结果数据分析不足,存在一定的偏差,造成试验中对进相深度把握不够,调幅过大;同时造成在试验过程中来自系统电压或调速方面的有一定的扰动波动。试验中失磁保护动作。

5 建议

通过此次试验中断事件及事后分析,认为在做机组进相试验前,应提前做好以下工作。

(1) 试验前,应了解现场失磁保护采用的动作特性和判据,为了满足机组进相运行深度,建议发电机失磁保护采用稳态异步边界阻抗圆。

(2) 建议利用进相运行在线监测仪监测机组对系统等值机的功率角,并将功率角限制(报警)设置为800,以加强满负荷深度进相运行时的安全性。

(3) 该机组厂用电电压不低于5.70 kV,以保证厂用电系统的安全运行,并在进相运行测试仪中设置相应的厂用电电压低报警等。

(4) 注意前海热电厂厂变变压器抽头位置。在仿真时,注意仿真母线电压监视。

(5) 厂用低压变压器分接头的档位在3档位置,由于厂用母线电压在机组进相运行后很快接近限制

值,限制发电机进相运行,因此2号机组只能在高压备用变压器带厂用电时才可进相运行。

(6) 保证励磁具备良好的调节性能。在系统电压较高和投入自动励磁调节器的情况下才开展进相运行。

(7) 建议手动励磁工作电源由工作段(交流380V)供电改为厂用共用段(交流380V)供电,防止本机工作电压降低太多影响手动励磁输出,减少外界因素的干扰。

(8) 对于重要的涉网保护,如发电机组失磁保护、超速保护等现场应认真研究其原理,选择合适的、原理全面保护。

6 结论

通过对前海热电厂进相运行试验总结,发电机进相运行降低疆南金鹿地区电压效果显著,既可确保电压质量,又可减少系统电气设备的总损耗,是提高电网运行经济效益,简便易行且安全可靠的最有效措施之一。为确保试验顺利,在进行试验前,应仔细了解研究励磁系统失磁保护原理和定值,进行机组进相试验模拟仿真,确定各种运行工况进相深度,优化试验项目,应及时认真分析试验相关数据,以确定正确的试验结果,注意影响试验结果的关键因素,如励磁调整方式、厂用电压和系统电压水平。

参考文献

- [1] Prabha Kunclur. 电力系统稳定与控[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [2] 刘取. 电力系统稳定性及发电机励磁控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [3] 柯坤明. 茂名热电厂6号机电气运行规程[Z]. 茂名热电厂, 2007.
- [4] 陈俊琳. 大型汽轮发电机进相运行的实践与认识[J]. 中国电力, 1997, 30(12): 61-63.
- [5] 孙致平. 电气(望亭发电厂运行培训教材)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [6] 黄纯华. 大型同步发电机运行[M]. 北京: 水利电力出版社, 1992.

作者简介:

梁静(1960),女,汉族,高级工程师,长期从事继电保护及发电机组试验工作。

(收稿日期:2011-07-18)