

供用电

首钢京唐供电系统孤网运行的可行性研究

沈 军, 李贺昌

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北唐山 063210)

【摘 要】 首钢京唐电力系统的特点是虽为用电负荷中心但与主电网联系薄弱, 一旦形成孤网后, 自备发电机组成为唯一电源。在失去外部电源的情况下, 维持发电机组孤网运行对钢铁厂的安全至关重要。由于钢铁厂冲击性用电负荷比重较大, 机组孤网运行有一定困难, 从发电机一次调频、负荷平衡、低周减载方面探讨维持机组孤网运行的可能并给出相关建议。

【关键词】 孤网运行; 频率控制; 低周减载

【中图分类号】 TM7

【文献标识码】 B

【文章编号】 1006-6764(2013)07-0001-03

Feasibility Study of Isolated Power Grid Operation of Power Supply System of Shougang Jingtang Co.

SHEN Jun, LI Hechang

(Shougang Jingtang Iron & Steel United Co., Ltd., Tangshan, Hebei 063210, China)

【Abstract】 The character of the power grid in Jingtang Co. is that although it is the power load center yet it has weak linkage with the main power grid. Once it becomes an isolated power grid, it's generator set becomes the only power supply. Maintaining isolated grid operation of the generator set is very important for safety of iron and steel plants in the case of a loss of external power supply. The isolated grid operation of the generator set has certain difficulty due to large impact load proportion of the iron and steel plants. The feasibility to maintain the isolated grid operation of the generator set is discussed from generator's primary frequency, load balancing and under frequency load shedding, and some suggestions are offered.

【Key words】 isolated grid operation; frequency control; under frequency load shedding

1 引言

局部电网故障、极端天气或地质灾害的发生以及人为操作失误均可能导致与主网联系薄弱的地区电网与主网解列, 形成孤网运行的情况。孤网运行时系统频率变化剧烈, 如果控制措施不当, 极可能出现大面积停电事故。

2 发电机孤网运行的特点

孤网运行最为突出的特点, 是由负荷控制转变为频率控制, 这就要求调速系统具有负荷要求的静态特性、良好的稳定性和动态响应特性, 以保护在用户负荷变化的情况下自动保持电网频率的稳定即一次调频功能。如图 1 所示。

其中发电机组原动机的频率特性与负荷频率特性分别为图 1 中为 P_G 与 P_L 直线, 最初的原始运行

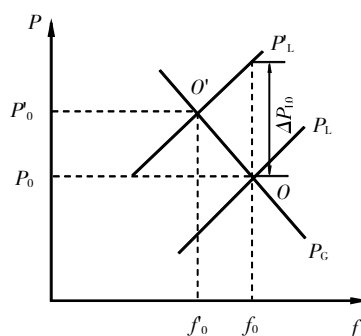


图 1 发电机有功—负荷一次调频示意图

点为图中 O 点, 如果在 O 点运行时负荷突然增加 ΔP_{L0} , 即负荷的频率特性突然向上移动 ΔP_{L0} , 则由于负荷突增时发电机组功率不能及时随之变动, 机组将减速, 系统频率将下降。而在系统频率下降的同时, 发电机组的功率将因它的调速器的一次调整作

用而增大, 负荷的功率将因它本身的调节效应而减少。前者沿原动机的频率特性向上增加, 后者沿负荷的频率特性向下减少, 经过一个衰减的震荡过程, 抵达一个新的平衡点即图 1 中的 O' 点, 而与此同时系统的频率也由原来的 f_0 减少到 f_0' , 随负荷的下降, 频率将继续下降, 如果负荷的变化超过一定值或者变化速度超出发电机组调节速度, 则会引起频率过低, 导致低频甩负荷甚至发生发电机低频跳机, 进而造成整个孤网系统瓦解。

从以上分析可以看出, 为了维持孤网运行的稳定性, 就要做到出现孤网运行时的发供电负荷平衡,

同时要避免出现较大的冲击性负荷, 否则会引起频率崩溃。

3 京唐公司形成孤网的可能性

3.1 公司电网配置及负荷情况简介

首钢京唐公司共有两座 220 kV 变电站, 电源均取自同一 220 kV 变电站。京唐公司 2×300 MW 煤气混烧发电机组均为 110 kV 系统并网, 具体接线如图 2 所示, 同时公司还配置 6 台小发电机组, 均并网于 110 kV 区域变电站 10 kV 母线, 装机容量及并网方式见表 1。

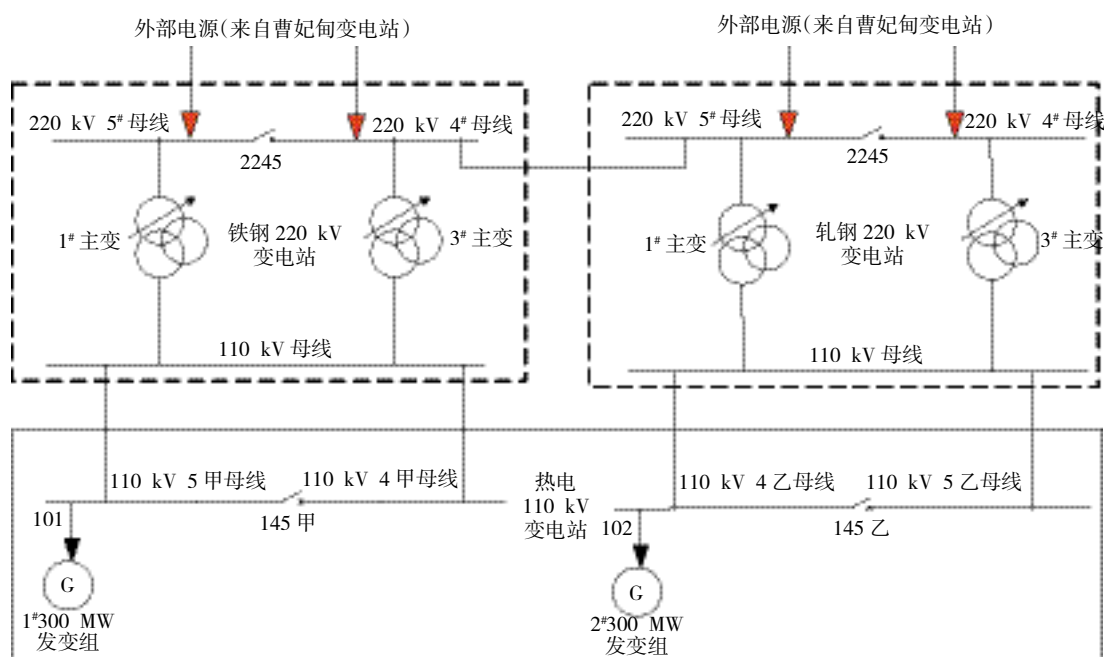


图 2 电力系统运行方式简图

表 1 发电机组装机容量及并网方式

名称	发电机组	电压等级 /kV
燃煤燃气发电机组	2×300	110
抽背式发电机组	2×25	10
TRT	2×36.5	10
CDQ	2×25	10

根据 2011 年度公司发供电系统实际运行情况, 总发电能力为 773 MW, 公司总用电负荷平均为 670 MW, 波动范围为 610 ~ 780 MW。

3.2 京唐公司电网孤网运行可行性分析

京唐公司外接 4 路 220 kV 电源均来自同一 220 kV 变电站, 一旦上级变电站失电则会导致京唐公司电力系统陷入孤网运行状态, 而能否维持 300 MW 发电机组稳定运行则成为我们必须面对的问题。因此, 研究孤网运行及其安全稳定控制方案, 具有显著的现实意义。

首先从发供电系统负荷平衡来说, 京唐公司发电能力 (773 MW) 足以满足电网内部用电需要 (670 MW), 而由于存在较大的冲击性负荷 (明细见表 2), 有功最大冲击负荷可达 780 MW, 变化速率可达 42.5 MW/min, 一旦机组的即时调节能力不能满足冲击性负荷及变化速率的需求, 可能会造成机组解列停机, 以下具体从发电机组调节及负荷性质方面进行说明。

表 2 主要冲击负荷明细表

项目	平均负荷 /MW	最高负荷 /MW	最低负荷 /MW
LF 炉	4	33	0
2250	59	81	39
1580	42	72	21
1700	30	44	20
2230	32	50	20
总计	167	280	100

3.2.1 发电机组的调节能力及负荷性质分析

单台 300 MW 发电机组其调差系数为 $\sigma\%=5$, 所以其单位调节功率:

$$K_G = \frac{P_{GN}}{f_N \sigma\%} \times 100 = 120 \text{ MW/Hz} \quad (1)$$

急剧的负荷变化会使火电厂的锅炉、汽轮机受损伤或因燃烧不稳定而引起熄火, 一般来说, 每分钟调节范围为 $2\% \sim 5\%$, 对于 2 台 300 MW 发电机组调节范围最大为 30 MW/min, 同时根据《华北电网发电机组一次调频管理规定》: 当电网频率变化达到一次调频动作值到机组负荷开始变化所需的时间为一次调频负荷响应滞后时间, 应小于 3 s。由于京唐公司大部分负荷具有波动性, 而非平稳的用电负荷, 尤其是当 LF 炉、冷轧、热轧等工艺系统在轧钢时的冲击负荷可以达到很高, 主要表现为公司平均小时用电负荷 670 MW, 而冲击负荷可达到 780 MW (实时用电负荷情况见图 3 所示), 那么根据公式(1), 则瞬间孤网运行后的电网频率改变 1 Hz, 即频率瞬时下降到 49 Hz, 同时根据表 3 所示, 此时会有部分负荷由于频率降至低周减载定值以下自动切除。由于冲击负荷的瞬时性, 当轧制过程结束时, 负荷降低 180 MW, 负荷瞬时降低频率则会瞬时升高 1.5 Hz, 如此大范围的频率变化, 会对发电机组的一次调频带来严峻的考验, 一旦出现发电机组的发电负荷调节量无法响应负荷要求值, 则可能瞬时导致频率崩溃而造成公司电网瘫痪, 势必对公司运行造成巨大影响, 因此一旦出现孤网运行时, 瞬间切除冲击负载成为电网能否持续运行的关键性问题。

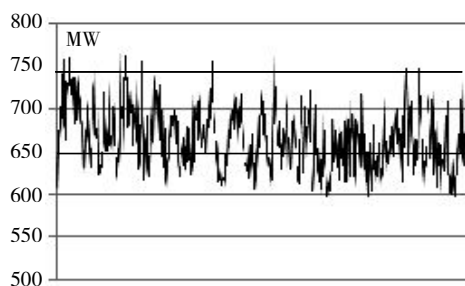


图3 有功负荷分时曲线

由于电网正常运行时公司电网外购电负荷较小 (平均为 40 MW), 当电网转为孤网运行时, 瞬间切除冲击性负荷约 167 MW, 机组的瞬时功率就会与孤网的负荷偏差较大, 使机组转速迅速上升, 根据公式(1), 则系统频率将会升高, 一旦超过规定值, 则超速保护控制 OPC (Over speed Protection Control) 触发机组跳闸。因此, 当机组处于孤网运行时, 为了机组与孤网的稳定运行, 应该适当调高 OPC 动作值,

具体动作值应根据试验数据而定, 防止因超速导致发电机损坏甚至出现飞车现象的发生。

3.2.2 公司低周减载分布情况

当一台 300 MW 发电机组检修期间, 公司电力系统出现孤网运行的情况下, 由于发电能力降为 473 MW, 除了瞬间切除冲击性负荷 167 MW 后, 负荷仍高达 493 MW, 在这种情况下, 频率必然会有所下降, 同时在下降过程中, 为了保证电网频率保持在 50 ± 0.2 Hz 的范围内, 必然还需切除部分负荷, 使发供电负荷达到平衡, 具体低周减载负荷情况如表 3 所示, 总负荷为 233.6 MW, 频率分为 6 个等级, 按照负荷性质等级不同, 逐步实施甩负荷, 从而实现电网频率在要求范围内, 同时各发电机组也配置低频解列保护, 保证发电设备不受损害。

表3 京唐公司低周减载具体明细表

用电设备			发电设备		
定值/Hz	时间/s	负荷/MW	定值/Hz	时间/s	负荷/MW
48	1	181	47	5	520
48.25	0.2	4	47.5	3	46
48.5	0.2	4.6	49.5	0.5	34
48.75	0.2	30	-	-	-
49	0.2	7	-	-	-
49.25	0.2	7	-	-	-

3.3 京唐公司区域电网孤网运行可行性分析

京唐公司电力系统形成孤网后, 一旦出现电网电压或频率震荡下行较大时, 则极可能会发生 300 MW 机组解列停机。而 TRT 发电机组 (煤气压差发电) 及 25 MW 发电机组 (煤气锅炉发电) 受高炉多方面因素的制约难以保持正常生产, 从而也就无法保证所在区域的孤网运行。而对焦化工序来说, 从理论上讲由于其受制约因素少, 只要保证对其正常供电, 就可以保证 CDQ 发电机组正常发电, 由于其在区域电网 1#110 kV 变电站不含冲击性负荷, 也就形成了孤网运行的有利条件。否则 300 MW 机组停机最终必定会导致各小发电机组全部停机, 因此当 4 条 220 kV 进线开关变位或频率下降到一定值时 1#110 kV 变电站的 110 kV 进线开关应自动与电网解列, 从而可以保持此区域电网的继续运行, 避免公司电网系统全部崩溃。要实现 CDQ 孤网稳定运行需要在 1#110 kV 变电站与系统解列后, 根据负荷平衡情况, 及时切除部分用电线路, 实现发供电负荷平衡, 并在运行中避免大功率设备的起停, 维持其稳定用电负荷, 以确保发电机组稳定运行。(下转第 11 页)

从图上数据可以看出:滤波器安装正确,工作正常,滤波器的滤波效率明显,超过95%。总体上看,滤波器的效果达到了方案预想的目标。

8 调试结果分析

(1)从设备安装情况看,设备都安装正确,都能够正常启动和投入运行,状况稳定,各项参数都能按照既定的要求进行设定。

(2)从目前投入滤波的滤波器的效果来看,谐波的滤除比例超过95%,效果达到了工程预先设计的目标。

(3)用户技术人员基本上能熟练操作滤波设备,

(上接第3页)而对于孤网运行成功后的再并网问题可以在110 kV进线加装同期装置,在系统恢复供电后与系统并网,这就避免了必须停电的可能。

3.4 京唐公司电网孤网运行情况总结

由于孤网出现后,发电机组成为唯一供电来源,保证机组稳定运行成为关键。而确保机组稳定运行必须使供电系统负荷达到平衡,才能保证频率和电压的质量。根据以上分析公司目前只实现了部分低周负负荷功能,然而对于如何检测孤岛情况的产生及在发生孤网情况下如何瞬时切除冲击性负荷,这也是实现公司孤网运行稳定的关键,根据实际情况应以4条220 kV进线断路器状态作为参考依据。

4 结论

孤网运行发生后发电机组成为唯一供电来源,保证机组稳定运行成为关键。根据本文分析,原则上必须保证部分区域电网孤网稳定运行,其次是实现京唐公司大电网孤网稳定运行。要维持机组稳定运行,除了具备必要的低周减载手段,还需进行以下三个方面的工作:

能正确使用相应软件和控制仪器,熟练调整各种参数处理基本常见故障。

[参考文献]

- [1] GB/T 149549-93,电能质量 公用电网谐波[S].
- [2] 潘晨湘,蒋麦占. 通用变频器的输入电流及其谐波[J]. 电气工程应用,2001,(3).
- [3] 王兆安. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 北京:机械工业出版社,1998.

收稿日期:2012-12-03

作者简介:刘鸣峰(1977-),男,毕业于河海大学电气技术及自动控制专业,工程师,现从事自动化控制技术管理工作。

(1)发生孤网时需要瞬时切除冲击性负荷,因此如何检测出孤岛情况的产生是实现公司孤网运行稳定的关键,根据公司情况应该以4条220 kV进线断路器状态作为依据。

(2)在检测出发生孤网情况下,如何瞬时动作切除冲击负荷是防止孤网频率崩溃,维持孤网稳定运行的另一关键因素,应在冲击负荷处加装孤网运行模式下的瞬时切除装置,并应考虑在冲击性负荷停电后如何迅速开启如柴油发电机、柴油泵、事故水塔等应急设备,保证重要设备的安全。

(3)在进入孤网运行模式时,适当调高汽机超速保护的動作值,防止超速保护动作使发电机灭磁解列。

[参考文献]

- [1] 陈珏. 电力系统稳态分析[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 周志平,孙新良,付晨鹏等. 电力系统孤网运行动态特性试验[J]. 电网技术,2008,47(2):78-79.
- [3] 曾文清. 马钢新区钢轧系统电网孤网运行探讨[C]. 全国冶金热电专业年会论文集,2010:118-119.

收稿日期:2013-02-18

作者简介:沈军(1972-),男,2010年毕业于东北大学控制工程专业,高级工程师,现从事电力系统运行管理工作。

(上接第6页)可对宝钢电炉SVC系统进行系统暂态仿真分析。暂态分析主要是分析当SVC系统中高次滤波支路故障时SVC系统的运行情况。最后的暂态分析结果表明:由于4、5、7次滤波支路的切除,在4、5、7次谐波处的系统阻抗值增加,滤波效果明显变差。同时在3次、4次之间、4次、5次之间和5次、6次之间的阻抗尖峰有效得到了消除。母线电压电流的谐波含量特别是4、5、7次谐波增加。同时对33 kV母线系统功率因数也会造成影响。

[参考文献]

- [1] 张定华,桂卫华,王卫安,刘连根. 大型电弧炉无功补偿与谐波抑制的综合补偿系统[J]. 电网技术,2008,32(12):23-29.
- [2] 胡立强,晁勤,吐尔逊. 静止无功补偿器在电力系统无功补偿中的仿真[J]. 低压电器,2007,(19):39-42.
- [3] 方忠民,赵延明. 基于SVC的电弧炉谐波抑制研究[J]. 中国仪器仪表,2008,(2):62-65.
- [4] 陈恺,王如玫. 电力系统谐波治理与有源滤波器[J]. 华东电力,2008,36(8):55-58.

收稿日期:2013-03-06

作者简介:钱峰(1966-),男,毕业于电力系统及自动化专业,工商管理硕士,电气高级工程师,现从事工程技术管理工作。