



图 2 钢厂事故前后负荷曲线图

Fig.2 Load curves before and after line trip

对施工单位安全管理的混乱,另一方面暴露出钢厂内部应对外部停电的措施不得力;很多重要的生产线只由单电源供电,自备发电机过早地解列停机,没有孤网运行的能力,使事故损失加大^[4]。下面重点对第 2 方面暴露出的问题提供几点参考意见。

3.1 钢厂 I、II 线运行方式的考虑

钢厂 I、II 线都是短线路,采用光纤纵差保护^[5]。按照有关规程的规定:3~110 kV 电网宜采用环网布置、开环运行的方式;宜采用双回线布置、单回线-变压器组运行的终端供电方式;平行双回线上的双 T 接变压器不允许并列运行^[6]。按照这些原则,供电部门安排钢厂 I、II 线分列运行,不考虑钢厂 I、II 线并列运行方式。从表面上看,2 条线并列运行供电可靠性提高了,但在特殊情况下,很容易引起连锁反应,2 条线路全跳,甚至造成上一级 220 kV 变电站主变越级跳闸,后果更加严重^[7]。所以在外部的供电条件短时无法改变的情况下,一定要从完善内部变电站接线、提高内部供电可靠性考虑^[8]。

3.2 调整内部负荷分配,配置 UPS 或双电源供电

钢厂内部很多重要的生产线仅为单电源供电,必然给事故埋下了隐患。应调整内部负荷分配,将重要负荷设置为 UPS 或双电源供电^[1]。比如氧枪的事故提枪最好使用 UPS 作为备用电源,对风机、水泵等最好配置双电源供电,双电源最好分别来自不同 110 kV 变电站的 10 kV 母线,并且给 10 kV 母线供电的变压器接在不同的 110 kV 电源进线上,确保在一条 110 kV 线路或一个变电站停电时,重要负荷能从另一条线路或变电站持续供电^[9]。目前,制氧全部由钢厂 1 站供电,一旦钢厂 1 站全停,制氧全停,整个钢厂都得停产,应增加由钢厂 2 站提供第 2 路电源,该电源可接在发电机运行的母线上供电。H 型钢和棒材全部由钢厂 I 线供电,应该由钢厂 II 线提供第 2 路电源,将一部分负荷调整到钢厂 II 线供电的 10 kV 母线上。这样内部的供电可靠性提高了,应对外部停电的能力必然就加强了^[10]。

3.3 完善发电机的孤网运行控制器

在事故过程中,发电机只运行了 7 s 就被迫停机,没有充分发挥孤网运行保重要负荷的作用。根本原因在于原有发电机没有孤网运行的功能,只调功率,不调转速,同时又没有合理地制定低频、低压切负荷方案来保证出力与负荷平衡,致使转速下降太快,造成励磁系统保护停机^[11]。钢厂发电机应尽快安装孤网运行控制器^[12],保证机组解列后发电机组的稳定运行。

3.4 合理设置低频、低压解列点,完善低频、低压切负荷方案

3.4.1 解列点的选择

发电机是通过钢厂 I 线与系统并网的,钢厂 I 线跳闸后,发电机自动与系统解列。但很多情况下,发电机不能迅速自动解列,比如在系统出现频率大幅下降或者上一级变电站全停的情况下,发电机不能迅速解列,就会带网上的负荷,由于自身能力有限,所以很快会被拖垮,钢厂的重要负荷还是保不住。这种情况下,希望发电机早点从系统解列,解列出去以后,依靠低频、低压自动切负荷来保证出力与负荷平衡,再视情况恢复与系统并网。所以问题的关键就是选择合适的低频、低压解列点^[13]。一般而言,低频、低压解列点应该选择发电机与负荷的功率平衡点。尤其对目前钢厂 2 站的接线而言,发电机解列后,只能带 2 号主变的 30 MW 负荷,远小于出力。所以应适当考虑增加钢厂 2 站发电机运行母线上的负荷,比如将前面提到的钢厂 1 站供电的制氧负荷部分转移到 2 站,使发电机带的总负荷在 60 MW 左右,这样就可以在钢厂 1 线上装设低频、低压解列保护跳钢厂 2 站钢厂 I 线 101 开关。

3.4.2 2 号发电机投产后解列点的选择

钢厂 2 号发电机(容量为 60 MW)投产后,总的发电负荷约为 120 MW,这时再将解列点选在 2 站钢厂 1 线 101 开关处就会造成发电机解列后低频、低压切负荷装置切除的比例过大,应考虑将低频、低压解列点转移到 220 kV 站钢厂 1 线 108 开关和钢厂 2 线 110 开关处,必要时跳开钢厂 I 线 108 开关、钢厂 II 线 110 开关,由发电机带钢厂 1、2 站孤网运行,再通过适当的低频、低压切负荷保证发电机出力与负荷平衡。

3.4.3 定值的整定

以上 2 种方案都是采取先解列,后低频、低压切负荷的方式,在定值上必须做好配合。

a. 定值整定方案^[14]:低频解列定值取 48.5 Hz,时限 0.5 s, $df/dt=8$ Hz/s;低压解列定值取 78% U_N , 0.5 s。

b. 低频、低压切负荷定值:低频一轮定值 48.3 Hz,时限 0.5 s, $df/dt=5$ Hz/s;低频二轮定值 48.3 Hz,时限 0.6 s, $df/dt=5$ Hz/s;低压 I 轮定值取 75% U_N , 0.5 s;低压 II 轮定值取 75% U_N , 0.6 s。

3.4.4 制定低频、低压切负荷方案的关键

由于机组是利用高炉煤气发电的,发电出力多少跟煤气量关系密切,所以一定要保证发电机解列出去所带的负荷能保证足够的煤气量供应,以及低频、低压切掉的负荷不影响整个生产环节,并保证出力与负荷平衡。

参考文献:

- [1] 陈延鏖. 钢铁企业电力设计手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [2] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,1994.

[3] 华北电力学院. 电力系统故障分析[M]. 北京:水利电力出版社, 1985.

[4] 卓乐友. 电力工程电气设计手册[M]. 北京:中国电力出版社,1996.

[5] 李清波,刘沛. 光纤方向纵差保护的应用及灵敏度的提高[J]. 电力自动化设备,2002,22(4):21-24.
LI Qing-bo,LIU Pei. Application of fiber differential protection and sensitivity improvement[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(4):21-24.

[6] 毛锦庆,赵自刚,马杰,等. 电力系统继电保护规定汇编[M]. 北京:中国电力出版社,1997.

[7] BOLLINGER K E,AO S Z. PSS performance as affected by its output limiter[J]. IEEE Transaction on Energy Conversion,1996, 11(1):118-124.

[8] 夏道止. 电力系统分析(下册)[M]. 北京:水利电力出版社,1995.

[9] 倪以信,陈寿孙,张宝霖. 动态电力系统的理论与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[10] 刘增煌,方思立. 电力系统稳定器对电力系统动态稳定的作用及与其它控制方式的比较[J]. 电网技术,1998,22(3):4-10.
LIU Zeng-huang,FANG Si-li. The effects of Power System Stabilizer (PSS) on power system dynamic stability and comparison with other control method[J]. Power System Technology,1998, 22(3):4-10.

[11] 刘豹. 现代控制理论[M]. 北京:机械工业出版社,1997.

[12] 王维俭. 发电机变压器继电保护应用[M]. 北京:中国电力出版社,1998.

[13] 毛锦庆,赵自刚,马杰,等. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京:中国电力出版社,1997.

[14] 王维俭,孟庆和,宋继成,等. 大型发电机变压器继电保护整定计算导则[M]. 北京:中国电力出版社,1998.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:
卢芳(1971-),女,山东日照人,工程师,研究方向为电网运行方式及安全自动控制(E-mail:rosself2008@sina.com);
袁晓峰(1974-),男,山东日照人,工程师,硕士,研究方向为电网继电保护整定计算;
张先锋(1976-),男,山东日照人,工程师,研究方向为电气设备安全运行。