

# 并网大机组保护与系统配合问题的探讨

聂宇本<sup>1</sup>, 唐渝南<sup>2</sup>

(1. 华东电网有限公司, 上海 200002; 2. 上海外高桥第三发电有限公司, 上海 200137)

**摘要:** 在电力系统厂网分家的新形势下, 发变组保护与输电网保护的分界面配合方面的问题引起了各方更大的关注。特别是机组异常运行工况保护的功能作用与电气主保护有不同的要求, 前者既要兼顾机组的运行能力, 同时还需要躲过电网电气故障和故障切除的暂态过程, 保证机组对电网稳定的支撑作用, 绝对不能一味简单地快速跳闸。文章分析了几种典型的后备保护和异常工况保护在技术方案选择和整定运行方面必须考虑的几个侧重点, 利于并网电厂理解电网保护策略设计原则, 做好机组与电网保护的配合工作。

**关键词:** 发变组; 系统; 继电保护; 整定; 配合

## Study of the relay-coordination between the generator-transformer unit and the power grid system

NIE Yu-ben<sup>1</sup>, TANG Yu-nan<sup>2</sup>

(1. East China Grid Co., Ltd, Shanghai 200002, China; 2. Shanghai Waigaoqiao No.3 Power Generation Co., Ltd, Shanghai 200137, China)

**Abstract:** Under the new policy that power plants had been separated from the Power Grid, multiple parties have paid much more attention on relay-coordination problems and solutions between generator-transformer unit and power transmission network interface. Especially under the abnormal operational situation of generator unit, functionalities of the protection have difference from the main protection, the former shall consider both generator unit's operational capabilities and mean time to avoid tripping during the temporary procedure when electric faults happen and faults are removed. The relay protection of generator units shall be set to provide stable support to operations of electric transmission network, fast tripping will not be simply adopted. This paper analyzes several typical protections and focuses on protection selections for abnormal operations. The proposed designing principle for protections of electric transmission network is easily to be understood by power generation company in implementing the cooperation jobs between both sides.

**Key words:** generator-transformer unit; power grid system; relay protection; settings; coordination

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2007)03-0073-04

## 0 引言

随着电力体制的深化改革, 厂网分家已成事实。但电力系统发、输、供紧密联系的技术特征并没有改变, 大机组和输电网相互依存的关系依然存在, 厂网协调配合的问题在新的管理体制下更突显。本文将从如何解决好发变组保护与输电网保护的界面配合方面提出一些问题和思考。

## 1 华东电网大机组接入 500 kV 系统典型接线

早期接入华东电网 500 kV 系统的电厂是电网的重要组成部分, 其升压站往往也是输电网络的重

要联络变电站, 除了接入机组外, 有多方向的联络输电线路接入, 升压站接线方式往往也采用 1 个半开关接线或双母线接线方式(如图 1 所示)。随着主营业务界面的明晰, 电厂侧不再承担输电任务, 电厂升压站接线逐渐简化, 仅完成机组接入并送电网的任务(如图 2 所示), 很多电厂采用内桥接线, 以节约投资, 甚至采用单线单变直接送入电网(如图 3 所示)。

## 2 电厂和系统保护管理分界面

沿袭历史管理模式, 电厂和系统电气一次设备的分界点在出线的第一串绝缘瓷瓶(或电厂出线的穿墙套管), 也就是说电厂升压站的变电设备管理

职责在电厂。二次部分，系统仍然将电厂升压站当做系统的重要组成部分，母差保护、线路保护、开关保护的技术原则、整定值、运行方式说明由系统侧负责，电厂负责执行和装置调试。机组保护由电厂自行管理，系统侧要求接入的主变中性点装设一套零序后备保护，以作为总后备，定值和保护技术原则执行系统要求。

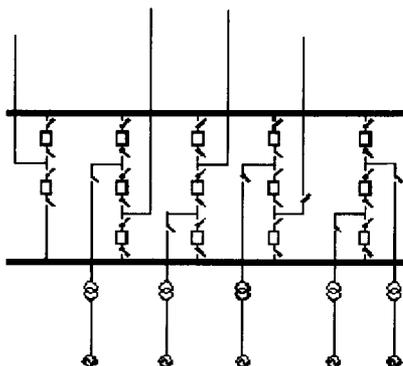


图1 北仑电厂主接线

Fig.1 Main connection of Beilun power plant

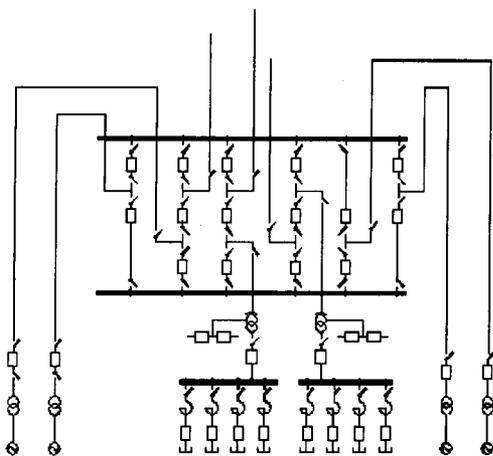


图2 徐州二电厂和彭城电厂单变单线接入系统

Fig.2 Main connection of Xuzhou No.2 power plant and Pengcheng power plant

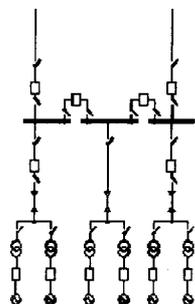


图3 天荒坪电厂内桥接线双出线接入系统

Fig.3 Main connection of Tianhuangping power plant

以上做法为保证电力系统安全稳定运行起到

很好的作用，经过长时间的运行也得到电网和电厂双方的认可，需要坚持和发扬。在以后的管理工作中，关于管理的分界面应通过制定相关的规章制度进一步明晰化，二次系统的技术管理规定也应该以明确的规章制度得到厂网双方的确认，并形成共同遵守的行业标准。

### 3 系统侧需要和电厂配合的保护及策略

超高压线路实现全线速动保护双重化配置原则，一般不会无主保护运行。而并网大机组的电气保护也完成了双重化配置，也不会无主保护运行。

线路两侧均配置相间和接地距离II、III段后备，线路对侧后备保护保护范围伸入发变组，需要与发变组保护配合。配合有两种方式，一是和发变组主保护配合，原则比较简单，一般按灵敏度整定，时间上增加一个 $\Delta t$ 。二是和发变组的后备保护配合。发变组一般在发电机出口或主变高压侧配置全阻抗（或偏移阻抗）后备保护，为了满足灵敏度，保护范围伸入相邻线路，特别是电厂出线若为短线路，还可能越级伸入相隔线路，为满足配合关系，其时间一般相对较长。电厂出线对侧后备保护与发变组的后备保护在保护范围上有交错，在时间上一般难以配合（太长）。

所以，建议采用第一种配合方式，线路后备可以按灵敏度整定，时间上与发变组主保护配合，要求发变组不得无主保护运行。

### 4 电厂侧对系统保护的配合关系

发变组阻抗后备保护按近后备配置原则，作为发变组自身后备，其阻抗定值按满足灵敏度整定，由于主变阻抗相对较大，电厂出线若较短，保护范围伸入相隔线路。所以时间上必须与相邻线路的距离二段配合（短线路还必须考虑相隔线路）。由于电厂电气主设备选型时，一般按照区外故障2s校验热稳定，所以建议本套保护第一出口时间不大于2s，可以对系统保护提出配合要求。

为了保证大机组安全运行，减少对各种异常工况对机组的冲击和影响，将故障消除在萌芽之中，发变组还配有许多异常工况保护，如低频保护、过负荷保护、失步保护、失磁保护、定子接地保护、过励磁保护、非全相保护等。在设计和整定这些保护的时候均应充分考虑必须躲过系统运行的干扰，特别是在系统和机组发生电气短路故障时故障切除的暂态过程。由于这些保护的测量元件相对较多

地采用电气量, 如阻抗元件、电流元件等, 虽然保护原理设计有较强的针对性, 但是仅靠测量元件不能完全区分异常工况和系统故障, 所以一般要求采取一定的延时来实现配合。延时的选取要充分考虑机组在异常工况下的运行能力, 不要一味地快速跳闸。

为了说明这个问题, 作者分析了几种保护在实际应用中的情况, 供大家讨论。

#### 4.1 发电机过负荷和负序过负荷保护

这类保护一般采用反时限累积原理, 采用高、低值定时限加一段反时限动作曲线构成。高值由保护最快动作时间和电流门槛值构成, 反时限曲线一般按照发电机的热负荷曲线来设定。由于过负荷保护是发电机异常运行保护, 不是主保护, 在系统或设备发生短路故障时, 应由基于故障原理配置的主后备保护动作。

所以, 保护整定时必须考虑配合关系: 第一, 反时限高定值的动作时间绝对不能是 0 s (不能瞬动), 可与系统和发变组主保护配合, 取时间大于一个  $\Delta t$ ; 第二, 需要核算系统或机组在最不利情况下, 最长延时后备保护动作切除故障时, 发电机过负荷保护不误动; 第三, 由于系统在振荡或其他异常情况下, 需要发电机承受一定的过负荷能力, 过负荷保护的动作用曲线的选取要尽可能接近发电机过负荷能力, 不要提高太多的裕度; 第四, 需要校核计算发变组内部故障和区外故障时, 发电机提供短路电流情况下, 系统和发电机主后备保护在不同时间切除故障, 发电机的发热情况。若不满足要求必须在一次方面采取措施 (提高发电机能力或减小故障电流等), 或向系统提出配合要求 (限制短路电流、缩短故障切除时间等)。

#### 4.2 低频保护

系统低频时, 如果发电机相继跳闸, 会使系统失去电源功率支撑, 对低频是加剧作用。所以需要发电机在系统低频时保持提供输出功率, 帮助系统恢复稳定。但机组低频运行对轴系, 特别是较长轴系汽轮机末级叶片的伤害非常严重, 剧烈的振动可能造成叶片断裂, 所以大机组对低频保护的投运非常关心。

但是我们也可以看到, 一般汽轮机制造厂提供的汽轮机频率要求是比较宽泛的, 如上海汽轮机厂 90 年代出厂的 30 万汽轮机组提供的频率异常曲线, 限定机组在偏离 50 Hz  $\pm$  5 Hz 能运行 30 min。所以系统要求低频保护与系统低周减载方案相配合, 在

系统采取必要的措施仍然不能保持频率恢复时, 发电机才可以跳开。电厂在满足汽轮机制造厂家技术要求后, 在保护整定时应该给系统足够的配合时间, 保证系统安全。

表 1 2006 年华东电网低频减负荷配置方案

Tab.1 Load decrease schedule graph according to frequency reduce of East China Grid in 2006

轮次	频率定值/Hz/延时/s	华东全网减载功率/MW
1	49.00/0.5	758 5
2	48.75/0.5	485 5
3	48.50/0.5	522 5
4	48.25/0.5	403 0
5	48.00/0.5	393 0
6	47.50/0.5	454 5
7	49.00/20	410 5
8	48.50/20	412 5

华东电网按照预计的各省市最大统调负荷将低频减负荷容量分配给四省一市, 合计最大减负荷达到最大负荷的 35% 左右。由于低频减负荷装置广泛分布在系统不同地区不同电压等级, 减载装置的动作特性也不一致, 频率响应也有分布特性, 从统计经验数据看, 若减载功率和频率需求相匹配, 在 1 min 之内, 频率能恢复到需要状态。若切除功率与系统频率要求不匹配, 还会有一个反复的过程。

系统要求在 47 Hz 以上, 机组低频保护能与系统低频减负荷方案相配合, 也就是需要机组有一定的等待时间, 待系统自动装置作用完成对系统的调节之后, 机组保护动作。在系统频率跌到 47 Hz 以下之后, 机组动作可以快一些, 但是建议也不要瞬时动作。

#### 4.3 发电机开关的非全相保护

华东电网 500 kV 系统开关非全相保护已下放到开关本体, 采用开关辅节点构成非全相判断逻辑, 经延时, 三跳本开关就完成了。由于开关非全相产生的负序电流对发电机有致命的伤害 (1984 年, 姚孟电厂 2 号机故障开关 A 相拒分, 没有启动失灵, 事故处理完成后, 发电机转子严重烧损。) 所以电厂发电机出口开关的非全相保护与系统的要求有所不同。

开关非全相原因有三种:

1) 先有故障, 开关拒分, 开关非全相。此时, 有保护动作启动开关失灵, 切除相邻元件, 故障快速切除。

2) 手动合闸, 开关非全相。此时, 开关非全

相保护动作,三跳本开关,故障快速切除。

3) 手动分闸,开关非全相。此时,开关非全相保护动作,三跳本开关,若不成功,而开关失灵保护没有启动元件不能动作,故障不能切除。

而且在第二种情况下,仅靠启动开关失灵保护不一定能完成动作。因为这时发电机的负荷电流非常小,不足以启动失灵保护的电流判据。所以需要为发电机开关的非全相保护特别设计“失灵逻辑”。在三跳本开关不成功时,采用开关辅节点非全相逻辑加负序电流元件或零序电流元件(一般开关保护只采用过流元件,灵敏度不够)把关,跳开相邻元件。在时间设定上,由于发电机开关没有重合闸问题,其动作延时可以相对缩短一些,但不建议非全相 0 s 跳闸,应至少延时一个  $\Delta t$ 。

## 5 关于重合闸

华东电网 500 kV 系统线路均采用单相重合闸方式。处于系统联络变电站地位的发电厂,出线重合闸是肯定要投用的,只是需要采用系统侧先合的原则;单线送单变的接线方式,为了减少发电机非全相运行时间,电厂侧可以不用重合闸,这样电厂侧开关可以选用三相操作机构,利于电厂运行。但是若出线较长,处于雷区,单相瞬时故障概率较高,电厂应综合考虑非全相运行和机组停运之间的利弊而决定是否启动线路重合闸。系统侧一般启用重合闸,便于电厂事故后恢复。

## 6 结论和建议

(上接第 55 页 continued from page 55)

### 参考文献

- [1] 张福生,吴秋瑞,张建成.电力系统微机保护的 MATLAB 仿真插值算法[J].微计算机信息,2006,2(1).  
ZHANG Fu-sheng,WU Qiu-rui,ZHANG Jian-cheng.The Interpolation Algorithm and Its MATLAB Emulation on Electric Power System's Microcomputer Protection[J].Microcomputer Information,2006,2(1).
- [2] 施文济.如何实现 MATLAB 与 SPICE 仿真分析之间的转换[J].微计算机信息,2006,2(1).  
SHI Wen-ji.How to Realize Transformation Between SPICE and MATLAB in Simulation Analysis[J].Microcomputer Information,2006,2(1).
- [3] 高松,贺仁睦,马进,等.电力系统动态仿真误差评定准则研究[J].电力系统自动化,2006,30(4):6-10.  
GAO Song, HE Ren-mu, MA Jin, et al. Error Criteria on Power System Dynamic Simulation Validation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006,30(4):6-10.

继电保护是电力系统稳定第一道防线的重要手段,而并网大机组是电力系统的重要组成部分,如何保证大机组在系统发生故障和其他异常工况下的安全稳定运行,是关系到电力系统稳定的重大问题,也是保证机组安全的大事。所以,不论体制如何变化,电力系统在稳定运行方面的一体化问题是不会改变的,因此应重视并网大机组和输电网系统在保护分界面上的协调配合问题,并制定有关工作方案。要做好这项工作,不仅要从保护的整定运行方面,还需要在保护原理选择,逻辑设计和设备选型多方面综合考虑,必要时要对主设备运行参数提出要求。

### 参考文献

- [1] 王维俭.大型机组继电保护理论基础[M].北京:中国电力出版社,1997.  
WANG Wei-jian.The Foundational Theory of Generator-transformer Unit Relay Protection[M]. Beijing:China Electric Power Press,1997.
- [2] 王梅义.电网继电保护应用[M].北京:中国电力出版社,2000.  
WANG Mei-yi.The Application of Grid Relay Protection[M].Beijing:China Electric Power Press,2000.
- [3] 华东电网 2006 年年度运行方式[Z].2006.  
The Annual System Analysis of East China Grid[Z]. 2006.

收稿日期:2006-11-04; 修回日期:2006-11-21

作者简介:

聂宇本(1969-),女,长期从事电力系统专业工作;  
E-mail:nie-yb@ec.sp.com.cn

唐渝南(1969-),女,高级工程师,长期从事继电保护专业工作。

- [4] 王映辉,冯德明.大规模软件构架技术[M].北京:科学出版社,2003.  
WANG Ying-hui,FENG De-ming.The Truss Technology for Large Scale Software[M].Beijing:Science Press,2003.
- [5] 官章全,刘加明.Visual C++ 6.0 类库大全[M].北京:电子工业出版社,1999.  
GUAN Zhang-quan,LIU Jia-ming.Collected Edition of Visual C++ 6.0 MFC Library[M].Beijing:Publishing House of Electronics Industry,1999.
- [6] Swanke J E.Visual C++扩展编程实例[M].北京:机械工业出版社,2000.  
Swanke J E.VC++ MFC Extensions by Example[M]. Beijing:China Machine Press,2000.

收稿日期:2006-06-24; 修回日期:2006-10-13

作者简介:

貌学良(1965-),男,硕士,高级工程师,从事软件开发及计算机教学工作。E-mail:mao\_xl@163.com