

浅析调速器调节参数设定对系统稳定性的影响

赵喜成, 燕 京

(大唐碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412)

摘 要:水电机组调速器的安全稳定运行对维持电网频率的稳定和安全至关重要, 水轮机调速器调节参数的不当设置将严重影响水电机组调频功能的发挥。由一起电网线路发生相间短路引起调速器动作的行为, 分析调速器调节参数对机组调频和系统安全及稳定性的影响, 探讨了水电机组调速器参数的设置及参数的优化, 提出了相应防范措施。

关键词:调速器; 参数设定; 系统稳定性

Abstract: The safe and stable operation of speed governor of hydro-power generating unit is important to keep the stability and safety of the power grid frequency. The improper setting of adjustable parameters of water-turbine speed governor will affect seriously the action of frequency modulation in hydro-power generating unit. The influence of adjustable parameters on the frequency modulation and the system safety and stability is analyzed according to a phase-to-phase fault occurring in grid line which causes the action of speed governor. At the same time, the setting and optimization of the speed governor parameters are discussed, and the relevant precautionary measures are proposed.

Key words: speed governor; parameter setting; system stability

中图分类号: TM712 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2010)04-0070-04

0 引 言

电力系统运行的主要任务之一,就是对频率进行监视和控制,而发电机组的调频功能是维持电网稳定性的重要手段。当前,电网建设如火如荼,水轮发电机组并入大电网运行成为主要的运行方式,作为机组频率和机组功率的直接控制设备,水轮机微机调速器肩负着实现一次调频功能的重要任务,发电机组的一次调频功能对维持电网频率的稳定有着极其重要的作用,可以明显提高电网抗功率突变的能力。当电网发生事故、电网出力发生突变时,将引起电网频率的波动,而频率波动则意味着电网安全稳定系数的降低和用户电能质量的下降。若机组调频功能不能发挥其应有的作用,不仅是对电网中保证频率稳定资源的浪费,而且很难将电网频率的控制水平进一步提高,所以调速器参数的设定对调频的调节品质影响具有非常重要的意义。

1 水电站机组基本情况

碧口水电站安装 3 台相同型号的混流式水轮发电机组,单机容量 100 MW,水轮机型号为 HL702-LJ-410。机组最大水头为 86.2 m,额定水头为 73 m,

最小水头为 57.5 m。单机额定出力 100 MW,额定转速为 150 r/min。调速器为 WBT-100 步进式调速器,调速器频率变化范围为 ± 0.2 Hz,切“频率模式”运行延时时间为 0.5 s,一次调频频差为 0.05 Hz,功率变化为 6% MW。

2 调节参数对机组一次调频的影响

水轮机调速器是水电厂的重要控制设备,承担着机组的开停机、负荷调整、转速调整等诸多任务。机组的一次调频的调节控制也由其来完成。机组调节过程的动、静态特性和调节品质与调速器各参数的设置与整定密切相关。调速器可设定的主要调节参数有如下几种^[1]:调速器的人工死区、永态转差系数、形成不同工况下主要调节规律的比例增益、积分增益、微分增益或暂态转差系数、缓冲时间常数、加速度时间常数等。这些调节参数的设置情况,直接影响到水电机组的调节性能,参数的不当设置很难使机组的调节发挥其应有的作用。

3 事故现象及分析

2009 年某日,电厂下级线路发生 A、C 相间短路,三相跳闸后,地区网内机组出力大于系统有功,系统

频率上升,线路保护远传切机动作,电厂失步解列安全自动装置 UFV-2FBK 过频切机动作。通过对保护远传切机与安全自动装置动作报告分析,远传切机保护瞬时动作,失步解列 UFV-2FBK 安全自动装置过频切机延时 1.14 s 动作。远传切机切除厂 2 号机组,3 号机组带地区孤网运行。

3.1 事故前运行方式

220 kV 系统两条母线并列运行,母联 2200 开关在合,三台机组通过双回线和电网相连。图 1 为电厂系统主接线图。

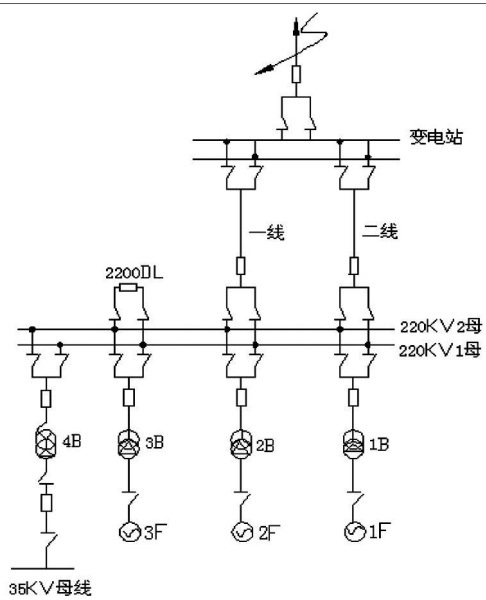


图 1 系统主接线图

事故发生前,2 号发电机负荷 100 MW /21 Mvar 自励方式运行;3 号发电机负荷 100 MW /19 Mvar 自励方式运行。母联开关合,220 kV 系统双母线并列运行,1FB、4B、12B 检修。厂用电:54B 带 6 kV,93B 带Ⅲ a 63B 带 0c、Ic、II c。

3.2 事故现象

事故当时,中控蜂鸣器响、警铃响,系统冲击较大,中控出现:“失步解列装置动作”、“线路收发信机启动”、“故障录波器启动”光字牌。

(1)2 号机出口 2202 开关跳闸,系统频率由 50.02 Hz 升至 53.51 Hz 电压由 235 kV 降至 233 kV,3 号机组有功由 100 MW 降至 0 MW,3 号机调速器运行至“频率模式”,2 号机组甩负荷至空载运行。

(2)检查一回线路 CSC-103A 保护“远传切机 1”动作,RCS-901B 保护启动,RCS-923B 辅助保护“A、B、C 相过流”动作,UFV-2FBK 失步振荡解列装置“过频切机”动作。

(3)送出线路 CSC-103A 保护、RCS-901B 保

护启动,RCS-923B 辅助保护“A、B、C 相过流”动作。

(4)现场检查 2 号机出口 2202 开关三相在跳闸位置,开关本体、SF6 压力正常。

3.3 事故分析

1)保护动作与安全自动装置行为分析

电厂送出下一级线路发生 A、C 相间短路,三相跳闸后,与大网解列,地区孤网运行。地区网内机组出力大于系统有功,系统频率上升,保护远传切机动作,电厂安全自动装置 UFV-2FBK 过频切机动作。通过对一回线保护远传切机与安全自动装置动作报告分析,远传切机保护瞬时动作,UFV-2FBK 安全自动装置过频切机延时 1.14 s 动作。因此,远传切机切除电厂 2 号机组,3 号机组带地区孤网运行,安全自动装置动作正确。图 2 为 2 号机出力变化。

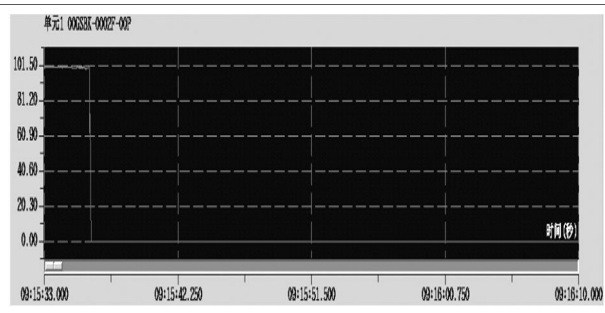


图 2 2 号机出力变化

2)3 号机组调速器动作行为分析

下级线路事故跳闸后,系统负荷减少,频率上升。从监控系统历史数据分析,3 号机组有功由 100 MW 突变至 58 MW,图 3 为监控系统 3 号机出力变化,其下降幅度超过调速器功率测量变送器设定范围,调速器报功率传感器故障信号,调速器由功率模式自动切换为开度模式运行。

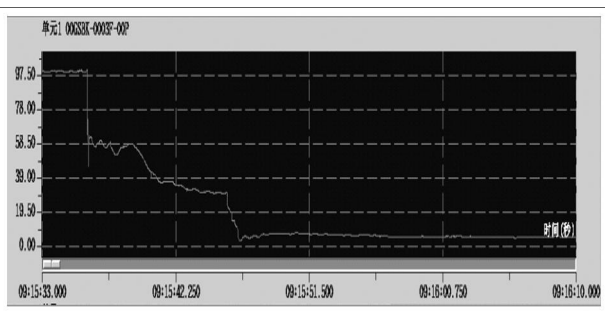


图 3 3 号机出力变化

由于频率上升较快,3 号机调速器自动切换至频率模式运行,调速器跟踪 50 Hz 图 4 为 3 号机频率变化。

此时,由于网频较高,相当于调速器突然加载大功率扰动,调速器导叶迅速回关,频率下降。

在下降过程中由于受网内近区厂矿负荷和其他

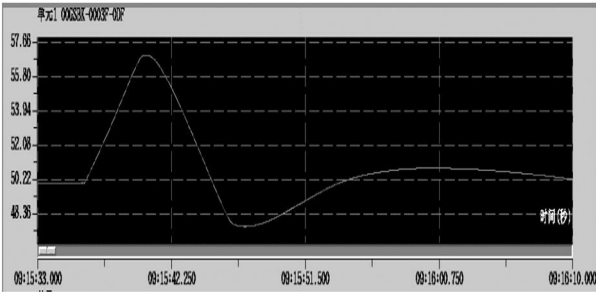


图 4 3号机频率变化

机组的影响,系统频率降低至低频减载动作值,低频减载动作切除系统负荷,频率恢复至 50 Hz 左右,系统恢复正常,图 5 为网频变化图。

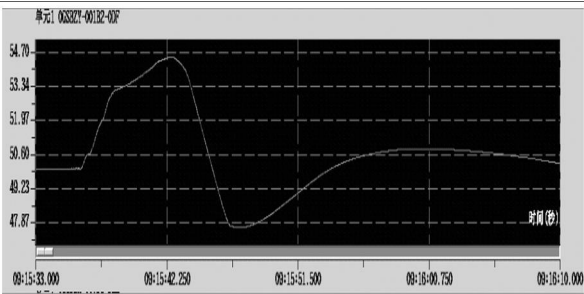


图 5 电网频率变化图

水轮机调速器人工死区、永态转差系数、比例增益、积分增益、微分增益等调节参数和水电机组的一次调频密切相关,各参数的合理整定与优化设置对于机组调节性能的有效发挥至关重要。图 6 为调速器的传递框图。

调速器基本参数设置为

$$bp=4\% , kp=200, ki=30, kd=150。$$

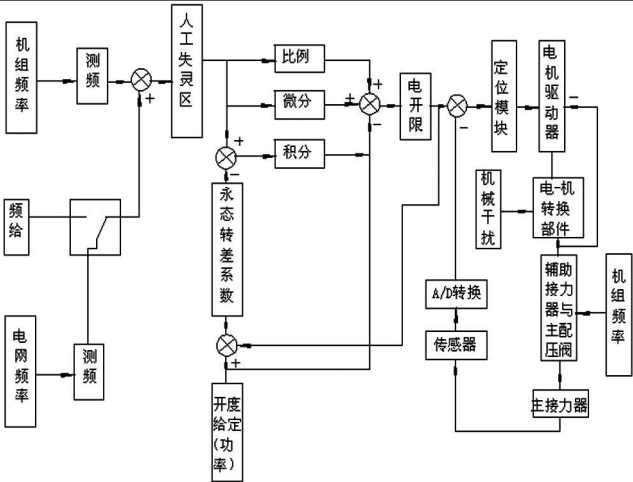


图 6 调速器的传递框图

从整个调节过程分析,结合调速器静特性试验及扰动试验曲线,调速器动作行为正确,这一过程基本符合调速器的调节特性。但是调速器参数设置存在不足。由于功率传感器故障率较高,为防止功率传感器间歇性故障,加入了功率传感器故障判据,为确保

此时调速器的稳定调节,又加入了模式切换延时。由于模式切换过程中的延时,使调速器在切往频率模式时滞后明显,频率上升较快,而调速器本身又没有大网和小网运行方式的判据,在孤网下依然运行常规设置参数,各参数不能根据不同方式优化,造成在孤网方式过频时调速器导叶关闭过快,幅度过大,而低频时调节过程时间较长,调节能力不足,造成线路低周减载动作,多切了一定的负荷才维持了电网的稳定。

5 结 语

由这起线路相间短路引起调速器动作的行为可以得出,为了更好地发挥水电站机组的调频作用,确保电网安全,减少损失,进一步加强电网的稳定性,改善电能质量,必须严格控制水轮机调速器人工死区的整定值,根据机组状况和其在电网中的调频、调峰作用合理安排各并网水电机组调速器的永态转差系数。对于决定动态调节品质的其他调节参数,应严格按照相关技术规程的要求对其进行尽可能的优化设置。

新的微机调速器应加入运行于大电网和小电网的判据。当频率变化值超越某一范围时,根据实际电网频率变化量,立即将调速器切换至频率模式运行,降低永态转差系数,确保系统的安全稳定。

对于地区和大电网连接薄弱,特别是只有一条线路连接,当该线路发生故障时,经常发生孤网运行的此类情况,在此时为确保系统安全,防止电网崩溃,必须确保调速器以最快的方式切入频率模式运行,对于模式的切换要无延时。

另外应加强对运行人员的培训,做好事故预想,加大反事故演练的力度,加强反事故演习细节的演练,提高事故分析及处理能力;认真开展对全厂继电保护回路接线、定值及压板投退情况的检查,新安装的保护、临近年检的保护要作为重点检查对象,并且在系统事故时加强与网内相关电站的联系,便于相互间事故分析判断和处理。

参考文献

[1] 李华. 水电机组一次调频性能的测试与分析 [J]. 西北电力技术, 2005, 33(1): 20—23.
[2] 黄国祯. 广州蓄能水电厂运行与管理的现代化 [J]. 水电自动化与大坝监测, 2002, 26(1): 14—16.
[3] 陈传志. 计算机维修管理系统在广州蓄能水电厂的实施 [J]. 水电自动化与大坝监测, 2002, 26(5): 31—34.

- [4] 刘文斌,杜波,胡燕花. 水轮机调速器的运行与技术改造 [J]. 水力发电, 1999(9): 58—60.
- [5] 张春丽,李咸善,胡翔勇,等. 水火电联合系统中水轮机及其调速系统对低频振荡的影响 [C]. 湖北省机械工程学青年分会 2006 年年会暨第 2 届机械学院院长(系

主任)会议论文集(下), 2006.

- [6] 李光辉,余波,樊玉新,等. 基于可编程自动化控制器的水轮机调速器初探 [J]. 水力发电, 2007, 33(2): 60—62.

(收稿日期: 2010—04—01)

(上接第 47 页)

于 900 mm,最大的还超过了 1 100 mm,这对于运输和使用很不方便,只有少数情况断面的边宽值小于 900 mm,但其长细比均接近 120,根据材料的变形特点可知,长细比越大,抱杆的横向变形增长越快,因此抱杆断面形式不宜采用等边三角形。

5 连接方式的设计

经过以上的分析,已经确定了采用钢管作主辅材,分段抱杆间主材的对接连接方式自然选择成熟的法兰盘连接方式,为保证提升抱杆时腰环的正常使用和连接方便且可靠,将其法兰盘设计成直角扇形型式,并且增加设置导向管,使得组装更加方便,连接可靠。主材与辅材的连接采用焊接连接,以避免销钉连接方式易发生在抱杆使用中剪断而又不易发现的安全隐患。

6 有限元软件的应用

优化设计过程中采用了有限元软件作为计算手段,在 Midas2006 有限元软件平台下建立抱杆立体受力模型,交由软件进行了大量的受力分析计算。然而 Midas2006 有限元软件的操作是很复杂的,主要是建立抱杆的立体受力模型,不利于现场技术人员掌握,因此还开发了抱杆立体受力模型软件,只要输入受力工况的基本参数即可自动生成抱杆立体受力模型,然后在 Midas2006 有限元软件里载入模型文件,即可计算抱杆的杆件应力和抱杆稳定安全系数,软件计算界面之一见图 1 所示。

7 结 语

本项目通过对抱杆主辅材截面型式、材质和抱杆结构等方面的经济技术比较,采用大型有限元分析软件对钢结构单元进行设计优化,合理减小了抱杆截面

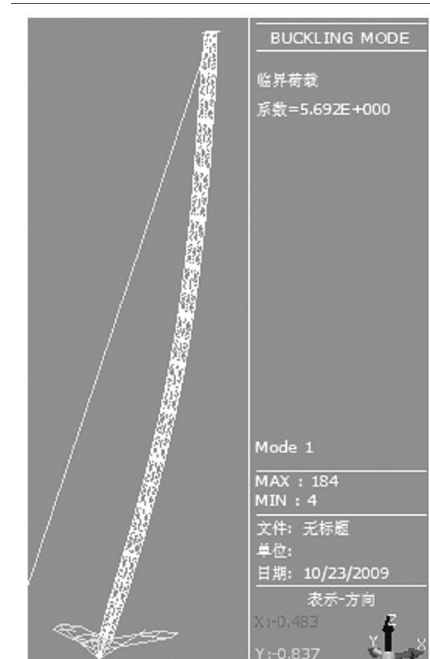


图 1 软件计算界面之一

尺寸与重量,提高了抱杆的承载能力,已在 ± 800 kV 向上线(向家坝—上海)和 ± 500 kV 德宝(德阳—宝鸡)直流工程以及 ± 500 kV 葛沪(葛洲坝—上海)直流改造等工程广泛应用,提高了特高压铁塔组立施工效率,成效显著,并于 2010 年 3 月 11 日顺利通过了四川省电力公司组织的项目验收。

参考文献

- [1] 架空送电线路铁塔组立工程手册 [Z]. 北京:中国电力出版社, 2007.
- [2] 高压架空输电线路施工技术手册——起重运输部分 [Z]. 北京:水利电力出版社, 1975.
- [3] GB 50017—2003 钢结构设计规范 [S]. 北京:中国计划出版社, 2003.
- [4] DL/T 875—2004 输电线路施工机具设计、实验基本要求 [S].
- [5] 范钦珊. 工程力学教程 (I) [M]. 北京:高等教育出版社, 1998.
- [6] 张俊光. 公路钢桁桥施工稳定安全系数优化设计 [D]. 西安:长安大学, 2009.

(收稿日期: 2010—04—19)