

甘南电网孤网运行频率稳定的控制策略

王树东 魏金花 钱其三

(兰州理工大学 电气工程与信息工程学院 兰州 730050)

摘要: 甘南电网通过处于高海拔的 330 kV 枢纽变电站与甘肃主网进行功率交换,但当枢纽变电站受雷击或其他电气故障时会使甘南电网形成合作和洛大孤网。考虑甘南电网容量小,系统惯性较小且频率易波动的特点,针对甘南外送型电网实际,基于 PSASP6.282 软件仿真分析了合作孤网运行时频率的动态过程;通过分析小容量电网孤网运行时的高、低频特性,以及调研甘南电网在孤网运行方式下的薄弱点和危险点,提出了甘南孤网运行的频率稳定控制策略,并通过仿真验证了控制策略能够保证网内重要变电所和重载联络线安全稳定运行,从而为甘南电网安全稳定、经济优质运行提供可靠地理论指导。

关键词: 小水电; 孤网运行; 频率稳定; 暂态稳定

中图分类号: TM761 文献标志码: A 文章编号: 1000-0682(2015)01-0097-04

Research on frequency control for isolated power system of Gannan

WANG Shudong, WEI Jinhua, QIAN Qisan

(College of Electric and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Gannan grid exchanges power with Gansu main grid via a 330 kV hub substation at a high altitude, however, when the hub substation is struck by lightning or affected by other electrical fault, Hezuo and Luoda isolated grids will be formed in Gannan grid. Given that the Gannan grid is of small capacity, the system is of small inertia and high frequency fluctuations, aiming at the actual outgoing type of Gannan grid, simulations based on software PSASP6.282 are made to analyze the dynamic frequency process of Hezuo grid in isolated network operation. By analyzing the high and low frequency characteristics of small-capacity grid in isolated network operation and researching the vulnerabilities and dangerous points of Gannan grid in isolated network operation, a frequency stability control strategy is proposed to deal with isolated Gannan grid operation, meanwhile simulations are made to verify that the strategy can guarantee some important substations and overloading contact wires in the grid operating in safe and stable state. Consequently, it provides reliable theoretical guidance for the security, stability and high-quality economic operation of Gannan grid.

Key words: small hydropower; isolated network operation; frequency stability; transient stability

0 引言

甘南地区蕴含着丰富的水能资源,以小水电送出为主,水电站呈现数量多且分布密集、分布不均衡的特点。甘南电网处于甘肃主网南端的最末端,网架结构比较薄弱,位于高海拔的枢纽变电站容易受雷击或电气故障,使甘南电网形成合作和洛大孤网运行情况,并且小水电发电负荷很重,用电负荷较

轻,发供电负荷无法就地平衡。文献[1]应用 PSASP 软件对合作区域网与甘肃主网断开连接后进行了仿真计算,得出在合作区域网突然失去 134.74 MW 的负荷后,鹿儿台机组和晓河机组的摇摆功角幅度最大,由功角摇摆曲线看出,在发生三相断线故障时,合作孤网将无法维持暂态稳定性。文献[2]针对小容量电网孤网运行的特点,对其频率安全稳定控制中的高频切机和低频减载保护进行了研究,并且还指出小容量电网网架结构薄弱、系统惯性小等特点,即使在与外网交换功率为零时,当发生严重故障导致联络线振荡解列装置动作后,孤网频率也会有较大幅度的波动。电力系统孤网运行存在很大

收稿日期: 2014-03-17

作者简介: 王树东(1965),男,教授,主要从事计算机自动控制技术、电力系统稳定性分析与控制教学及研究。

风险,严重威胁人身和电气设备的安全,而对于小系统或孤网来说,频率稳定的重要性甚至超过功角稳定和电压稳定^[3]。

电力系统受到大扰动后与主网解列形成孤网运行的特殊运行方式时,系统就会面临由频率控制及电压控制等其他问题糅合在一起的安全稳定问题。文献[4]提到2008年冰灾期间,贵州、广西、云南的部分电网都曾出现孤网运行情况,给国民生产生活造成恶劣影响。文献[5-6]在2008年冰灾期间,南方电网公司通过变更一次调频的参数设置,保证了若干孤网的稳定运行,并在之后的研究中达成了一定共识。文献[7]结合实际电网的运行情况,基于PSASP和MTLAB软件建立了四川电网的仿真模型并且重现了水电群孤网运行事故的发生过程,提出了水电群孤网的综合控制策略,并进行了仿真验证。

该文结合甘南电网的实际运行情况,基于电力系统综合分析程序PSASP软件,对水电群孤网运行方式下的频率稳定性问题进行了仿真分析,探讨了甘南电网在孤网运行时的薄弱点和危险点,结合甘南电力发展现状,提出了小水电群孤网运行方式下维持频率稳定的控制策略。

1 甘南孤网运行暂态稳定性分析与控制

小水电以两种方式并网:一是直接通过附近的配电网上网发电,这种通常是在小水电分散的区域而且是在变电容量允许的情况下;二是通过转变升压后送入主网,这种一般是在小水电集中的区域,甘南小水电上网以第二种方式居多。大量分布式小水电机组的接入,一方面使得电力系统输电裕度和供电可靠性得到了提高,并且过负荷和电压降落的压力有所缓解;但是另一方面弱化了系统阻尼,这样很容易诱发系统的低频振荡,是严重威胁大电网安全稳定运行的隐患。

合作区域网和洛大区域网组成了甘南电网,该文主要以夏大运行方式下的合作区域网为研究的重点。合作区域网内有水电厂20座,负荷母线25条,变压器83台,夏大运行方式下,网内水电机组总有功出力228.9 MW,除供给网内70.45 MW负荷外,通过多合330 kV变电站向甘肃主网送出有功135.7 MW,无功8.14 MVar。当多合变电站因雷击或其他自然、人为事故导致三相断线,合作区域网与甘肃主网断开使甘南电网成为孤网。图1为以甘南合作地区电网为例的典型水电群简化图。

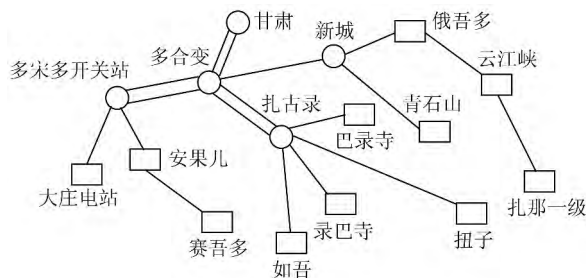


图1 甘南地区水电群简化图

采用甘南供电公司提供的数据,缺省参数通过参考典型数据和现场试验获得。仿真模型采用的是PSASP中3型水轮发电机模型、2型励磁系统、1型原动机调速器模型,以及70%恒阻抗和30%感应电动机的5型综合负荷模型。孤网内负荷极少,与甘肃主网断开连接时甘南电网就失去134.74 MW的负荷,造成水电群孤网后系统有功功率大量过剩,致使水电机组频率发生大幅度波动。图2为多合地区孤网运行时频率随时间变化曲线。

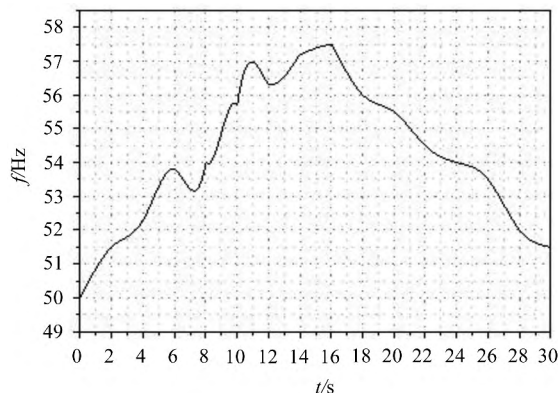


图2 多合地区孤网运行频率变化曲线

从图2可以看出,水电群孤网后系统频率快速上升至57.5 Hz左右,在调速系统及相应的切机方案的作用下,系统有功功率最终达到平衡,频率恢复到可接受范围之内^[8]。第一轮次的高频切机动作频率为52 Hz,主要切除了离负荷中心较远的和向甘肃主网送电的水电厂。甘南电网规模较小,系统备用容量小,考虑到电网容量对高频切机方案的影响,高频切机装置采用了较长的延时,并且为了避免过切选择切除了容量适中的机组,经过对多种切机方案的仿真分析与比较,确定的切机方案如表1所示。经过暂态稳定计算,系统最终达到新的稳定运行状态,且原本最大电压变化的贡坝电站母线,在该方案的切机下,母线电压最终稳定在1.06左右,其他母线电压变化相对更小。因此在该切机方案下,夏大方式的合作孤网内各母线电压满足安全导则要求。切除部分发电机后,鹿儿台机组和甫黄机组相对功

角波动减小,最终稳定在 -14° 左右,由此可以说明该切机方案下合作孤网可以保持暂态稳定。

表 1 合作孤网运行高频切机方案

水电厂名称	夏大方式下机组出力 (MW + MVar)	高频切机容量 (MW + MVar)
大庄电厂	11 + j3.993	5 - j3.3
安果儿电厂	23.2 + j11.23	23.2 + j3.5
吾赛多电厂	20 - j9.1	20 - j5
扭子电厂	26 + j11.05	26 + j7.1
如吾电厂	16 + j6.32	16 + j7.7
青石山电厂	21.8 + j8.611	21.8 + j9.4
录巴寺电厂	50 - j18.15	50 - j8
扎那一级电厂	1.6 + j0.819	1.6 + j0.8

2 合作孤网的稳态分析及控制方案

小水电群孤网运行时系统频率波动较大,导致线路电抗参数发生较大改变,引起线路充电无功功率增大,从而使母线电压升高,破坏无功功率的平衡。合作孤网在表 1 所示的切机方案下,形成新的夏大运行方式后,需要对该运行方式重新进行潮流分析,对电压越限和功率过载的情况进行分析。由潮流计算的结果得出:麻路变母线、多坝变母线、洮北变母线、冶力关母线电压越上限,贡坝变母线越下限,需要进一步的静态潮流调节,对合作孤网夏大运行方式做以下调整:1) 扎古录变电站和新城变电站的高压侧由第 9 档调至第 13 档运行;2) 合作和夏河变电站的可带载调压变压器的高压侧由第 9 档调至第 10 档运行;3) 碌曲 110/35 kV 变电站的可带载调压变压器的高压侧由第 9 档调至第 7 档运行。经以上方案调整后系统负荷母线电压及各支路功率分布均在合格范围之内,并且满足 $N-1$ 静态安全。

3 孤网运行时水电机组跳闸对频率的影响

从合作区域网正常运行方式分析,在夏大方式下,通过多合 330 kV 变电站与甘肃主网之间进行功率交换,但是在 330 kV 系统故障下要备投至临合网时可能对 110 kV 夏河变、合作变、合作城南变、碌曲变、玛曲变等处的未脱离电网的负荷、机组产生冲击。在备投过程中由于备用电源预案和措施不够完善,没能够及时切换;或是由于电网设备发生故障,导致水电厂机组跳闸,电网的频率将急剧下降导致低频减载装置动作切除部分负荷。低频减载方案是

针对水电机组出力与负荷所需功率之间的有功缺额和要求恢复的实际电网运行频率,确定最佳减载地点和最优减载量。考虑到甘南地区大部分是少数民族,在对甘南孤网进行低频切负荷操作时,保证重要负荷用电正常,不影响到人民生活显得尤为重要。按照小容量地区电网孤网运行的低频减载配置原则,一定的延时可以使低频减载装置的动作反映出全系统的平均频率,而不是所连母线的频率瞬时值,并可以躲开在出线短路切除的系统暂态过程中产生短时频率波动引起高启动值的第一轮的误操作^[9]。

甘南电网目前的低频减载方案中都带有 10 s 的延时恢复级,级数较多,所切负荷量较少,但是这一方案是抑制频率下降速度较慢的一种。下面针对甘南电网孤网运行情况,进行机组跳闸对频率影响的仿真分析,设置甘南电网统调负荷为 100 MW,图 3 为水电厂分别带 20、30 MW 和满负荷跳机后系统频率的变化曲线。

从图 3 可以看出,曲线 1 是水电机组带 20 MW 负荷跳机后电网频率变化曲线,最低降到 49.3 Hz,未引起低频减载装置动作;由曲线 2 可以看出当带 30 MW 负荷跳机后,系统频率最低降到 49.1 Hz;而当发电机组满发时跳机,系统频率低于 49 Hz,如曲线 3 所示,此时系统低频减载第一轮(49 Hz, 0.2 s)动作,由于受调速器响应时间较长以及负荷电压特性所造成的影响,该低频减载方案存在超调,随后系统频率缓慢回升到略低于网频。孤网系统维持频率、电压稳定的能力减弱,电压的波动对低频减载方案的影响较大,所以在进行方案设计时应该充分考虑到电压的影响。

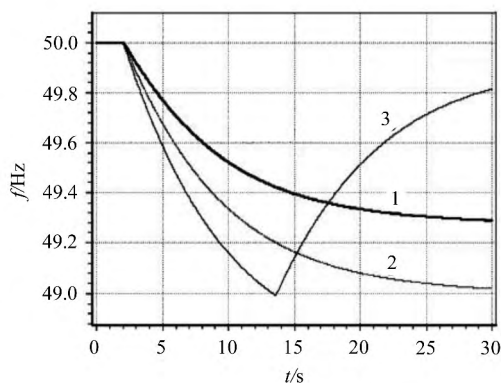


图 3 发电机组带不同负荷跳机后甘南电网频率变化曲线

4 结束语

甘南地区在机组都正常发电时,合作片网、新城

片网、夏河片网、舟曲片网、迭部片网在夏大方式期间,小水电发电负荷很重,用电负荷较轻,发供电负荷无法就地平衡。甘南主网在夏大方式下各条联络线的上网负荷急剧增加,无功长距离输送的情况尤为突出,35 kV 线路长“翘尾巴”现象严重,部分 110 kV 联络线路长期重载,甚至过负荷运行,给甘南电网安全稳定运行带来很大风险。加之孤网系统自身的缺陷,系统容量规模较小,调节能力较弱,如果不能在第一时间采取措施,极有可能会使系统面临频率和电压失稳,严重时造成系统崩溃甚至大范围停电。高频切机、低频减载方案作为保障电网安全运行的最后一道防线的措施,在制定过程中应尽可能考虑多种运行方式和多种严重电网故障形式。

参考文献:

- [1] 李兴源,李立. 电力系统紧急控制综述[J]. 电力系统自动化, 2000, 1(9): 5-11.
- [2] 李祥,刘继荣,赵红磊,等. 甘南电网孤网运行分析及控制方案的制定[J]. 陕西电力, 2013(4): 66-69.
- [3] 杨帆,张志强,赵书强. 小容量地区电网孤网运行频率稳定控制措施的研究[J]. 现代电力, 2013, 30(5): 64-68.
- [4] 张健铭,毕天姝,刘辉,等. 孤网运行与频率稳定研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(11): 149-154.
- [5] 黄河,徐光虎,余畅. 2008 年南方电网冰灾期间孤网运行经验[J]. 南方电网技术, 2008, 2(5): 6-9.
- [6] 邓朴,王远辉,康鹏,等. 火电机组孤网运行稳定措施计算分析及在 2008 年冰灾期间的运用[C]. //2008 年抗冰保电优秀论文集, 2008.
- [7] 黄杨,张毅威,闵勇,等. 水电群孤网后的安全稳定特性及控制策略[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(9): 1-5.
- [8] 孙华东,王雪东,马世英,等. 贵州主网及其地区电网孤网运行的安全稳定控制[J]. 电网技术, 2008, 32(17): 35-45.
- [9] 张慧玲. 宁夏电网低频减载装置的应用及整定原则[J]. 宁夏电力, 2003(2): 13-16.

移动互联网高速发展 仪器仪表行业发展稳健

伴随着国家工业化、信息化、城镇化和农业现代化的发展战略的深入落实,战略性新兴产业将呈现良好发展态势,广泛的信息通信技术的产业穿透和引领作用将进一步增强。随着产业融合的加深和移动通信技术的普及,移动互联网产业呈现高速发展的态势。

仪器仪表行业应用广泛

在人类社会进入知识经济时代、信息技术高速发展的背景下,仪器仪表及其测量控制技术得到日益广泛应用,给仪器仪表行业的快速发展提供了良好契机。经过近十年来的建设与发展,我国仪器仪表已经初步形成产品门类品种比较齐全,具有一定生产规模和开发能力的产业体系,成为亚洲除日本以外第二大仪器仪表生产国。

仪器仪表行业发展步伐稳健

仪器仪表行业已经连续多年保持了经济高位运行的态势。即使当全球受金融风暴的影响,各个行业经济增速有所放缓,但从全景发展情况看来,仪表行业的增长速度并没有放缓。

仪器仪表行业快速发展一是因为国家的经济高速稳定发展的运行;按照过去的经验,如果 GDP 的增长在 10% 以上时,仪表行业的增长率则在 26% ~ 30% 之间。二是因为国家宏观调控对仪表行业的影响有一个滞后期,仪表往往在工程的后期才交付使用,因此,因宏观调控政策而减少的投资对仪表行业的影响不会太大。

随着手机移动网络的消费潜力不断隐现,消费者利用手机消费的频率和份额逐年递增。移动互联网所隐藏的商业价值被更多地挖掘出来之后,各种传统行业(包括仪器仪表行业)的移动网上平台相继诞生。伴随移动互联网的爆发式增长,如今,它已经渐渐取代电子商务成为了整个互联网产业增速最快的领域,而移动终端的入口也随即成为了传统行业的必争之地。仪器仪表行业进军移动互联网实现线上发展势在必行。

(来源: <http://www.hi1718.com/news/sectornews/26481.html>)