

220 kV 交流联网线投运后舟山电网 安全稳定控制系统研究

吴一峰, 吴国忠*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对 220 kV 交流联网线投运后舟山电网结构发生重大变化的问题,对舟山电网运行方式进行了详细分析,充分论证了装设安全稳定控制系统的必要性,对安全稳定控制系统的逻辑策略进行了研究,并对安全稳定控制系统投运后舟山电网稳定性进行了校验。研究结果表明,舟山电网安全稳定控制系统投运后可以有效地提高舟山电网受电能力。

关键词:电网;安全;稳定;控制系统;动作逻辑

中图分类号:TM712

文献标识码:B

文章编号:1001-4551(2010)11-0119-04

Study on security and stability control system of Zhoushan power grid after 220 kV AC interconnection lines put into operation

WU Yi-feng, WU Guo-zhong

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the major problem of Zhoushan network structural change after 220 kV AC interconnection lines put into operation, the method of operation was detailed analyzed. The necessity of install the security control system was explained. The logic of control system was studied. The security and stability of control system was checked. The results indicate that Zhoushan safety control system putting into operation is able to effectively increase the interconnection line power flow.

Key words: power grid; security; stability; control system; action logic

0 引言

改革开放以前,舟山电网长期为孤网运行。1987年,中国第一个高压直流输电工程—舟山直流输电工程(Zhoushan HVDC transmission project)投运,将浙江电网的交流电通过浙江省宁波市大碇镇的整流站,向舟山本岛的鳌头浦逆变电站送电,配电给舟山各地使用,实现了舟山电网与浙江电网的直流联网运行。1999年,110 kV 江南~城西交流联网线投运,实现了舟山电网与浙江电网的交流联网运行。

2010年220 kV 春晓~定海双线投产后,舟山电网将通过两回220 kV 春晓~定海线路及两回110 kV

线路(江丰1925、南岑1926)与浙江主网联系^[1]。其中,220 kV 春晓~定海双线为全程同塔架设线路,存在同时失去的可能。随着近年来舟山电网受入电力的不断增大,在受入电力较大时若两回220 kV 线路同时失去,剩余两回110 kV 线路将超热稳定运行。

为防止舟山电网在220 kV 两线同时失去时引发电网崩溃的重大事故,本研究结合电网运行方式,对2010年前在舟山电网装设安全稳定控制系统的必要性进行了分析,对安全稳定控制系统的构成方案及逻辑策略进行了比较研究,并对安全稳定控制系统所涉及的相关调度运行问题进行了探讨。

1 220 kV 交流联网线投运后运行方式分析

1.1 舟山电网简介

舟山电网与浙江主网的联络情况如图 1 所示。目前,图中 220 kV 春晓~定海线路尚未投产,舟山电网与浙江主网通过江丰 1925、南岑 1926 两回 110 kV 线路环网运行,另外,芦双 1928 线馈供舟山电网 110 kV 双屿变和南沙变,与舟山电网不构成环网运行。舟山电网内主要电源为:舟山电厂#1 机组 125 MW, #2 机组 135 MW,定海电厂#1、#2、#3 机组共 36 MW,定海电厂#4 机组 20 MW。2010 年夏季将计划投产舟山电厂#3 机组 300 MW。2009 年舟山本岛最大负荷为 600 MW,预计 2010 年最大负荷 720 MW。扣除芦双 1928 线馈供舟山负荷,在舟山电厂 300 MW 机组投产前,预计 2010 年夏季高峰负荷时舟山电网需从浙江主网受入电力 300 MW。

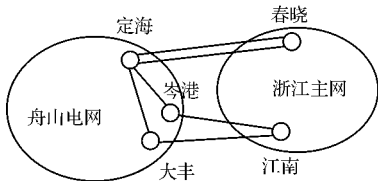


图 1 舟山电网与浙江主网联络示意图

1.2 运行方式分析

1.2.1 两种运行方式

220 kV 春晓~定海双线投产后,2010 年舟山电网与浙江主网将存在两种联网方式:

(1) 方式一:220 kV 联网线与 110 kV 联网线电磁解网运行,220 kV 春晓~定海双线运行,110 kV 大丰变、岑港变由 220 kV 江南变供电,开断 110 kV 大丰~定海、岑港~定海线路。

(2) 方式二:220 kV 联网线路与 110 kV 联网线路电磁环网运行,220 kV 联网双线运行,110 kV 联网线环网运行。

1.2.2 两种运行方式优劣比较

(1) 方式一中 2010 年夏季浙江主网最大可向舟山电网输送电力约 320 MW,在舟山电厂 300 MW 机组没能如期投运的情况下,也能完全满足 2010 年夏季高峰负荷时舟山电网的用电需求。但在方式一情况下,由于 220 kV 联网线路为长距离同塔双回架设,一旦联网双线故障同时跳闸(如雷击等因素),舟山电网将与浙江主网解列成孤网运行,极有可能导致舟山电网崩溃。

(2) 方式二中舟山电网与浙江主网解列成孤网运

行的风险大大减少,但在方式二运行的情况下,为确保 220 kV 联网双线故障同时跳闸后,剩余的 110 kV 联网双线安全稳定运行,必须控制正常方式下四回联网线路(四回联网线路指双回 220 kV 线路和 110 kV 江丰 1925、南岑 1926 双线)的送进潮流不大于 200 MW。在夏季高峰负荷时,若舟山电厂 300 MW 机组未能如期投运,采用方式二时舟山电网主网将存在 100 MW 左右的负荷缺口。

(3) 综上所述,2010 年夏季 220 kV 春晓~定海交流联网线投运后,将采用 220 kV/110 kV 联网线电磁环网的运行方式。

2 舟山电网安全稳定控制系统

2.1 安全稳定控制系统必要性

由于 220 kV 春晓~定海双线为全程同塔架设线路,现行《电力系统安全稳定导则》(DL755-2001)要求“同杆并架双回路故障双线同时跳闸后,电网应保持稳定运行,必要时采取切机切负荷等措施”^[2]。根据前面运行方式分析,2010 年 220 kV 春晓~定海交流联网线投运后,将采用 220 kV/110 kV 联网线电磁环网运行。2010 年夏季,在舟山电厂 300 MW 机组投运前,高峰负荷时舟山电网需从浙江主网受入电力 300 MW。在此运行方式下,若发生 220 kV 春晓~定海双线“N-2”故障,则舟山电网所有受入电力仅通过双回 110 kV 线路供给,将大大超 110 kV 线路的热稳定能力。舟山电网 110 kV 联络线的最大承受热稳定电流及功率如表 1 所示。在舟山电厂 300 MW 机组投产后,随着负荷的增长,联络线受入潮流也将不断增长,若不采取安全稳定控制措施,也将引发线路连锁跳闸,进而可能造成舟山电网稳定破坏事故^[3]。因此,有必要在舟山电网采取安全稳定应急控制措施,以提高其抵御 220 kV 线路“N-2”严重故障的能力。

表 1 舟山电网 110 kV 联络线热稳定限额

线路	电流/A	功率/MW
江丰 1925	600	100
南岑 1926	600	100

2.2 安全稳定控制系统模式

根据前述分析结论,并结合实际技术条件,可以在舟山电网装设安全稳定控制系统,作为 220 kV 春晓~定海双线两线同时跳闸方式下的应急安全稳定措施,该措施能够快速降低严重故障下剩余 110 kV 联络线潮流,防止 110 kV 联络线连锁跳闸。安全稳定控制系统的构成采取具有专用通道的主从控制模式。

舟山电网安全稳定系统可按如下方式实现:采用“一主多从”方式,即:分别在定海变、大丰变、岑港变、舟山电厂各设置一套安全自动装置,各装置之间通过专用通道相互配合,如图 2 所示。定海变装置作为系统主站,负责收集子站上传的信息、进行逻辑判断、发出动作指令等;大丰变及岑港变装置作为系统子站,负责信息采集及上送、接收并执行主站命令^[4]。因大丰、岑港子站通过专用通道向定海主站上传了 110 kV 联络线的运行工况,因此定海主站在判断逻辑上可采用双重逻辑,即当且仅当以下两个条件同时满足时装置动作出口:220 kV 春晓~定海双线同时跳闸;110 kV 江丰 1925 或南岑 1926 线路严重过载。舟山电厂子站的作用是在收到定海主站发出的切机命令后,若判定舟山电厂被切机组正常运行时,直接出口切除机组;或由装置给出快减出力语音及光字牌信号。

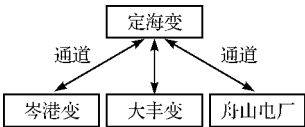


图 2 主从模式安全稳定控制系统构成

2.3 安全稳定控制系统动作逻辑

根据舟山电网安全稳定控制系统的装设目的,采用以下动作逻辑:

(1) 装置启动:装置采用 220 kV 春晓~定海双线和功率突变量启动及 110 kV 定海~岑港线、110 kV 定海~大丰线、110 kV 江南~岑港线、110 kV 江南~大丰线、110 kV 定海~白泉双线任一线过功率延时启动两种启动方式。定海主站装置在自身启动的同时,向大丰变、岑港变、舟山电厂子站连续发出启动命令,直到定海装置整组复归。

(2) 装置动作:装置启动后进入动作判断逻辑,装置动作条件需满足以下任一条:

①220 kV 春晓~定海双线输送的有功功率绝对值之和(三相)低于相应门槛;且故障前后 220 kV 春晓~定海双线穿越功率大于整定值;且 110 kV 江南~岑港线、110 kV 江南~大丰线任一线输送的有功功率大于相应轮动作整定值;且岑港变 110 kV 江南~岑港线、大丰变 110 kV 江南~大丰线有功功率方向为母线受入;且以上状态持续时间超过相应轮动作时间定值。以上动作条件均满足装置动作出口。

②220 kV 春晓~定海输送的有功功率绝对值之和低于相应门槛;且故障前后 220 kV 春晓~定海双线穿越功率大于整定值;且 110 kV 定海~岑港线、110 kV 定海~大丰线任一线输送的有功功率大于动作

整定值;且岑港变 110 kV 定海~岑港线、大丰变 110 kV 定海~大丰线有功功率方向为母线受入;且以上状态持续时间超过动作时间定值。以上动作条件均满足时装置动作出口。装置根据故障后,110 kV 定海~大丰线、110 kV 定海~岑港线过载程度分别动作出口切除舟山电厂两台或一台 125 MW(或 135 MW)机组,或向舟山电厂发送快减负荷提示指令及快减负荷目标量。

3 舟山电网安全稳定控制系统稳定性校验

3.1 静态安全分析

表 2 舟山电网 N-2 静态安全分析 (单位:MW)

N-2 元件	220 kV 联网	江丰 1925 线	南岑 1926 线
	双线潮流	潮流	潮流
初始潮流	234	40.5	26.0
220 kV 联网双线	0	119.1	82.2

注:表 2 中第 3 行数据为 220 kV 联网双线跳闸舟山电网安全自动装置动作后 110 kV 联网线路潮流数据。

舟山电网 N-2 静态安全分析如表 2 所示。由表 2 可知,在正常方式舟山电网从主网受入电力 300 MW 时,一旦 220 kV 舟山电网联网双线同时故障跳闸,舟山电网安全稳定控制系统正确动作切除负荷 100 MW,事故后 110 kV 江丰 1925 潮流为 119.1 MW,小于线路短时输送极限 120 MW。由此可见,舟山电网安全稳定控制系统投运后,满足舟山电网 N-2 静态安全分析要求,为确保故障后舟山电网稳定运行起到了巨大的作用。

3.2 暂态稳定性校验

(1) 计算条件:本研究采用 2010 年夏季腰荷潮流,220 kV/110 kV 电磁环网运行。舟山电厂#1、#2、#3 机组发电机模型采用考虑阻尼绕组的次暂态模型,定海电厂小机组采用发电机磁链 E'_q 恒定模型^[5]。220 kV 故障切除时间为 0.1 s。

(2) 故障方式。220 kV 联网双线定海变侧同时三相短路,0.1 s 切除故障^[6],舟山电厂#3 机组功角曲线如图 3 所示。

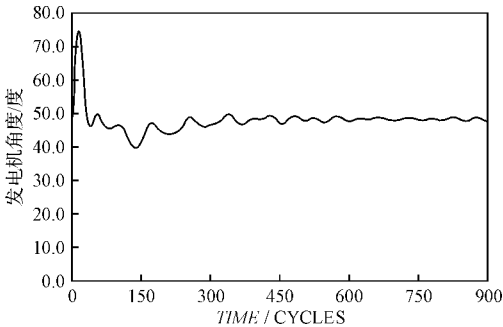


图 3 舟山电厂#3 机组功角曲线

(3) 结论:由暂态稳定性计算可得,在正常方式舟山电网从主网受入电力 300 MW 时,220 kV 联网双线同时三相故障,保护正确动作,舟山电厂机组暂态稳定。

4 舟山电网安全稳定控制系统的几点讨论

4.1 检修方式适应性

舟山电网安全稳定控制系统应能满足 110 kV 江丰 1925 和南岑 1926 双线检修方式的适应性。在江丰 1925 和南岑 1926 双线同停检修方式下,一旦同杆架设 220 kV 春晓~定海双线故障跳闸同时失去后,舟山电网将成为孤网运行。为满足装置对此种运行方式的适应性,需要安全稳定控制系统在启动和出口逻辑中均考虑增加舟山电网频率采量。安全稳定控制系统启动时需增加定海变 110 kV 母线频率突变量启动元件^[7];出口逻辑增加舟山电网频率低于(或高于)整定值条件,满足动作条件后安控装置动作出口切负荷或切机。

4.2 110 kV 联络线后备保护定值

舟山电网安全稳定控制系统动作的前提是在 220 kV 线路发生“N-2”故障后,110 kV 对外联络线路仍能保持合环运行。在 220 kV 线路发生“N-2”故障后,单回 110 kV 对外联络线所承受的有功功率可能高达 150 MW,同时在故障情况下 110 kV 系统电压也将有明显下降^[8],线路所承载的电流可能高达 1 200 A,超过 110 kV 江丰 1925 或南岑 1926 线后备保护定值。因此,应对舟山电网的 2 回 110 kV 对外联络线路(江丰 1925 线、南岑 1926 线)后备保护的定值进行适当调整,防止在安控装置动作前线路后备保护已动作跳开 110 kV 联络线。

4.3 与低频减载的配合

随着舟山电网结构的不断加强,将考虑解开 220 kV/110 kV 电磁环网的运行方式,即 220 kV 春晓~定海双线维持合环运行方式,110 kV 江丰 1925、南岑 1926 双线馈供舟山重要负荷的运行方式。在春节等轻负荷时期,若 220 kV 春晓~定海双线送舟山电网潮流较重,一旦 220 kV 春晓~定海双线因故障同时跳闸失去,舟山电网频率大幅快速下降,导致低频减载装置因滑差闭锁而不动作,舟山电网易产生频率崩溃。因此,需要舟山电网安全稳定控制系统具备快速集中切负荷功能^[9],动作时间应小于低周减载动作延时。同时,为防止安全稳定控制系统过切负荷导致电网高频率,甚至引起机组超速保护动作,需要考虑安全稳定控制系统所切负荷应小于事故前联网线送进潮流。通过舟山电

网安全稳定控制系统和低频减载的配合,能有效缓解舟山电网频率波动幅度,提高电网频率稳定性^[10]。

5 结束语

(1) 220 kV 春晓~定海双线投入运行后,为防止 220 kV 春晓~定海双线故障跳闸后舟山电网与浙江主网解列成孤网运行,提高舟山电网的运行可靠性,实施 220 kV 联网线路与 110 kV 联网线路电磁环网的运行方式。

(2) 在 220 kV 联网线与 110 kV 联网线电磁环网的运行方式下,为防止 220 kV 春晓~定海双线故障跳闸后引发 110 kV 线路连锁跳闸,进而可能造成舟山电网稳定破坏事故,需装设舟山电网安全稳定控制系统。

(3) 舟山电网安全稳定控制系统投运后,舟山电网稳定性较好,能满足联网线 300 MW 电力受入需求。

(4) 舟山电网安全稳定控制系统应能满足检修方式的适应性,需要安控装置在启动和出口逻辑中均考虑舟山电网频率量。

(5) 应对舟山电网 2 回 110 kV 联络线路后备保护的定值进行适当调整,防止在安控装置动作前线路后备保护已动作跳开 110 kV 联络线。

(6) 舟山电网安全稳定控制系统应具备快速集中切负荷功能,通过舟山电网安全稳定控制系统和低频减载的配合,提高舟山电网频率稳定性。

参考文献 (References):

- [1] 浙江电力公司. 浙江电网 2010 年年度运行方式[R]. 浙江电力公司, 2010.
- [2] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. DL755-2001 电力系统安全稳定导则[M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
- [3] 王锡凡, 方万良, 杜正春, 等. 现代电力系统分析[M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [4] Q/GDW 421-2010 电网安全稳定自动装置技术规范[S]. 2010-02-26.
- [5] 夏道止. 电力系统分析(下册)[M]. 北京:水利电力出版社, 1995.
- [6] 汤涌, 卜广全, 印永华, 等. 中国版 BPA 暂态稳定程序用户手册[M]. 北京:中国电力科学研究院, 2001.
- [7] 浙江电力设计院. 舟山电网 220 kV 安全稳定控制系统可行性研究报告[R]. 浙江电力设计院, 2010.
- [8] IEEE 421.5-1992 IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies[S]. IEEE Power Engineering Society, 1992.
- [9] KUNDUR P. Power System Stability and Control [M]. McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [10] HAMMONS T J, WINNING D J. Comparisons of synchronous machine models in the study of the transient behaviour of electrical power systems [J]. *Proc. IEE*, 1971, 118 (10):1442-1458.

[编辑:柴福莉]