

湖州电网安全稳定控制系统方案的研究

倪秋龙, 陆春良, 叶琳

(浙江电力调度通信中心, 杭州 310007)

摘要: 对湖州电网装设安全稳定控制系统的必要性进行分析, 对安全稳定控制系统的构成方案及逻辑策略进行研究, 对安全稳定控制系统所涉及的相关调度运行问题进行讨论。

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: 1007-1881(2009)01-0031-04

Study on Security and Stability Control System of Huzhou Power Grid

NI Qiulong, LU Chunliang, YE Lin

(Zhejiang Electric Power Dispatching and Communication Center, Hangzhou 310007, China)

Abstract: Security and stability control system of Huzhou power grid is studied. The author explains the necessity to install the security control system, analyzes the structure scheme and the action logic of control system. The correlative issues on dispatching and operation of the security control system is discussed too.

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

湖州电网通过两回 500 kV 线路(王含 5435 / 含店 5436)及两回 220 kV 线路(瓶莫 2238 / 瓶林 2444)与浙江主网保持联络, 其中王含 5435 / 含店 5436 两线为全程同塔架设线路, 存在同时失去的可能。随着近年来湖州电网受入电力的不断增大, 在受入电力较大时若两回 500 kV 线路同时失去, 剩余两回 220 kV 线路将超热稳定运行; 另一方面, 随着电网短路电流水平的上升, 2009 年初计划开断瓶莫 2238(或瓶林 2444)线, 届时湖州电网抵御 500 kV 两线同时失去严重故障的能力将显著下降。

为防止湖州电网在 500 kV 两线同时失去时引发电网崩溃的重大事故, 结合电网规划, 对 2010 年前在湖州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 安全稳定控制措施的必要性

湖州电网目前与浙江主网的联络情况如图 1 所示。图中 220 kV 花城 - 凤鸣(花鸣 2436)线路为虚线, 表示正常已开断的线路, 其余线路均正常运行。

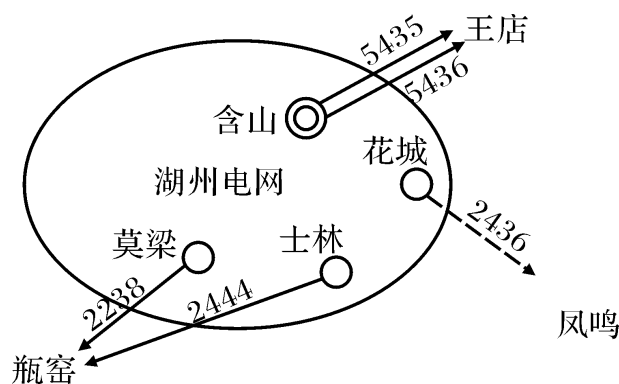


图1 湖州电网与浙江主网联络示意图

根据有关短路电流分析结论^[1], 为抑制瓶窑变 220 kV 母线短路电流水平, 2008 年底需要开断目前正常运行的 220 kV 瓶窑 - 莫梁线路(瓶莫 2238)或瓶窑 - 士林线路(瓶林 2444)。

瓶莫 2238 或瓶林 2444 线开断后, 湖州电网正常将通过王含 5435、含店 5436、瓶林 2444 或瓶莫 2238 线与浙江主网保持联络。由于王含 5435、含店 5436 两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”。根据电网规划, 湖州电网第二座 500 kV 变电所(妙西变)计划于 2010 年年底投产。因此, 在 2009 - 2010 年的电网过渡期, 若发生王含 5435、含店 5436 两线同时跳闸故障, 湖州电

网所有受入电力仅通过单回220 kV 对外联络线供给,将大大超过线路的热稳定能力。

表1列出了2008年-2010年期间,湖州电网统调电力平衡情况。

表1 2008年-2010年湖州电网统调电力平衡

负荷	2008年	2009年	2010年
湖州地区负荷	1 700	2 000	2 300
供嘉兴负荷	350	400	450
负荷合计	2 050	2 400	2 750
浙能长兴出力	250	250	250
华能长兴出力	1 200	1 200	1 200
长广电厂出力	100	50	50
出力合计	1 550	1 500	1 500
需受入电力	500	900	1 250

注:考虑气源限制,以上表格中未考虑德能电厂出力。

由表1可见,在考虑区内机组均满出力顶峰时,2009年湖州电网最大受入电力将达900 MW,2010年将达1 250 MW左右。若负荷尖峰时湖州区内机组出力未能满出力运行,则湖州电网受入电力将更大。

表2列出了湖州电网220 kV 联络线的最大承受热稳定电流及功率。

表2 湖州电网220 kV 联络线热稳定限额

线路	电流/A	功率/MW
瓶林 ⁴⁴⁴	980	350
瓶莫 ²³⁸ (未改造)	880	310
瓶莫 ²³⁸ (已改造)	1 660	560

注 瓶莫²³⁸线路计划在2009年由LGJ-400导线改造为LGJ-2×400导线,本文暂按短时导体温度90℃考虑。

由表2可见,当发生500 kV 线路“N-2”故障时,剩余220 kV 线路将严重超热稳定限额,若不采取安全稳定控制措施,将引发线路连锁跳闸,进而可能造成湖州电网稳定破坏事故。因此,在湖州电网第二座500 kV 变电所投产前,有必要在湖州电网采取安全稳定应急控制措施,以提高其抵御500 kV 线路“N-2”严重故障的能力。

2 安全稳定控制系统方案比较

根据前述分析结论,并结合实际技术条件,可以在湖州电网装设安全稳定控制系统,作为

500 kV 王含⁵⁴³⁵、含店⁵⁴³⁶两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220 kV 联络线潮流,防止220 kV 联络线连锁跳闸。

安全稳定控制系统的构成方案可考虑采取就地控制模式,也可采取具有专用通道的主从控制模式,下面就上述两种方案进行比较分析。

2.1 就地控制模式

湖州电网安全稳定系统可按如下方式实现:分别在瓶窑变、莫梁变、士林变各装设一套安全自动装置,但各装置的逻辑判据均为独立。其中,瓶窑变装置在判断运行的联络线潮流持续一定时间超过装置动作潮流后,动作合上另一回热备用线路。士林变及莫梁变装置则分别根据瓶林²⁴⁴⁴线和瓶莫²²³⁸线的运行状态及潮流状况分轮次动作切除所属变电所的部分或全部负荷。瓶窑变装置与士林、莫梁装置之间,通过动作时间的配合,达到顺序动作的目的。

必须注意的是,该控制模式下无论瓶窑变装置还是士林变或莫梁变装置的判断逻辑均为单重逻辑,装置误动概率较大。

2.2 主从控制模式

湖州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:分别在含山变、士林变、莫梁变、花城变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。含山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;士林变及莫梁变装置作为系统子站,负责信息采集及上送、接受并执行主站命令。因士林、莫梁子站通过专用通道向含山主站上传了220 kV 联络线的运行工况,因此含山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:500 kV 王含⁵⁴³⁵、含店⁵⁴³⁶同时跳闸;220 kV 瓶莫²²³⁸或瓶林²⁴⁴⁴线路严重过载。花城变子站的作用是当含山主站动作切除含山-花城双线后合回花鸣²⁴³⁶线,以防止花城变失电。

2.3 2个方案的比较

采用就地模式的安全稳定装置不需要专用通道的配合,系统构成简单、便于实施,装置动作可靠性高。但由于装置所采集的信息较为有限,

因此装置的判断逻辑为单重逻辑, 装置误动概率增大; 同时, 装置的动作策略也较为单一, 装置动作后保证电网稳定的能力较差。

采用专用通道主从模式的系统必须拥有专门的通信通道, 主从装置之间通过专用通道上传信息或下发命令。该模式在系统构成方面相对较为复杂。但由于系统能够采集较为全面的电网运行信息, 因此系统判断逻辑及动作策略可较为周密, 能有效降低装置误动概率, 且装置动作后保证电网稳定的能力强。

综合考虑系统的动作可靠性及技术可行性, 湖州电网安全稳定控制系统宜采用主从控制模式, 下面按主从模式对安控系统的动作策略及相关问题进行分析讨论。

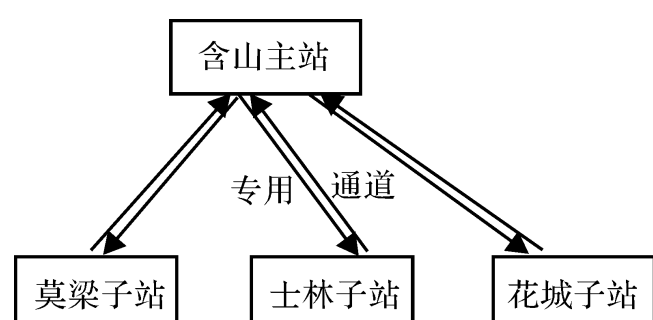


图2 主从模式安全稳定控制系统构成

3 安全稳定控制系统动作逻辑

3.1 安控系统投运方式

根据 220 kV 联络线合环运行的情况, 湖州电网安全稳定控制系统应能区分瓶莫单线运行、瓶林单线运行和瓶莫/瓶林两线运行方式。

含山主站根据子站上传的瓶莫 2238、瓶林 2444 线路的投运状态判断安控系统的投运方式, 并根据所接收到的 220 kV 联络线的潮流值进行校验, 若发现系统投运方式与线路潮流状态不一致时, 装置将告警并闭锁。

3.2 含山主站动作逻辑

含山变装置作为系统主站, 负责采集 500 kV 王含 5435、含店 5436 的运行状态, 收集莫梁/士林子站上传的 220 kV 联络线信息, 进行逻辑判断, 发出动作指令。含山主站的动作逻辑主要如下:

(1) 装置告警。当瓶莫 2238 或瓶林 2444 任一线路受入功率超过告警定值, 且延续时间超过告警时间定值, 则含山主站装置发出告警。装置告警逻辑独立于启动逻辑。

(2) 装置启动。含山主站装置在 500 kV 线路

功率绝对值突变量超过给定值时瞬时启动; 或在 220 kV 对外联络线功率绝对值超过给定值时延时启动。

含山主站装置在自身启动的同时, 向士林变、莫梁变、花城变子站连续发出启动命令。

(3) 装置动作。含山主站装置在启动后进入动作判断逻辑。

当以下动作均满足时, 含山主站分轮次动作出口: 王含 5435 线、含店 5436 线输送的有功功率绝对值均低于门槛值; 瓶莫 2238 线(或瓶林 2444 线)输送的有功功率绝对值大于动作定值; 瓶莫 2238 线(或瓶林 2444 线)有功功率方向为莫梁(或士林)受入; 以上状态持续时间超过给定时间定值。

根据湖州电网的实际情况, 含山主站动作后可分轮次采取以下措施:

1) 向莫梁子站发送瓶莫 2238 线路合闸命令(该措施适用于“瓶林单线运行方式”); 或向士林子站发送瓶林 2444 线路合闸命令(该措施适用于“瓶莫单线运行方式”)。

2) 向莫梁子站发送切负荷命令。

3) 向士林子站发送切负荷命令。

4) 切除 220 kV 含山 - 花城双线, 且向花城变发送负荷转供命令。

5) 切除 220 kV 含山 - 大德双线。

以上各轮次的动作可通过时间整定值的配合以达到灵活调整动作顺序的目的, 且各轮次可通过出口控制字的整定达到允许或禁止输出的目的。

(4) 装置复归。含山主站装置在启动后将自保持 K 秒, 若动作条件不满足则含山主站装置将自动复归, 并停止向士林、莫梁、花城子站发送启动命令。

3.3 莫梁/士林/花城子站动作逻辑

子站负责采集并向含山主站发送相应 220 kV 联络线的潮流(花城子站除外), 负责接收并执行主站发出的启动及动作命令。当子站收到主站发出的启动命令时, 子站瞬时启动; 子站启动后若连续收到主站发出的动作命令时将执行相应的动作; 子站启动后若连续未收到主站发出启动命令后将自动复归。

必须注意的是, 若子站收到主站发出的线路合闸命令时, 为防止在角差或压差过大时强行

合环造成设备损坏，子站必须负责就地判定合闸条件是否具备，即：压差、角差、频差均在给定范围内。若就地判定合闸条件不满足，子站将不执行主站发出的线路合闸命令。

4 几点讨论

4.1 220 kV 备用联络线合闸的条件

如前所述，为防止在角差或压差过大时强行合环造成设备损坏，子站必须负责就地判定合闸条件是否具备。以瓶莫2238线合环、瓶林2444线备用方式为例，若高峰时段负荷功率因数为0.97，则当事故后瓶莫2238线路输送有功达到600 MW时，瓶林2444线路两端角差将超过 15° ；当事故后瓶莫2238线路输送有功达到700 MW时，瓶林2444线路两端压差将超过 $10\% U_n$ 。由此可见，负荷尖峰时段发生王含5435、含店5436两线同时跳闸事故，则瓶林2444线路拒绝合环的可能性较大，湖州电网安全稳定控制系统在切负荷量的配置上必须考虑线路拒绝合环的可能。

考虑到备用联络线拒绝合闸的可能性较大，且增加合闸逻辑后将使装置复杂化，因此在实际系统构建时，为简单起见亦可取消线路合闸，通过增加切负荷数量来保证事故后湖州电网的安全稳定。

4.2 220 kV 联络线后备保护定值

湖州电网安全稳定控制系统动作的前提是在500 kV线路发生“N-2”故障后220 kV对外联络线路仍能保持合环运行。表1的数据表明，在500 kV线路发生“N-2”故障后单回220 kV对外联络线所承受的有功功率可能高达1250 MW，同时在故障情况下220 kV系统电压也将有明显下降，该线路所承载的电流可能高达4~5 kA。因此，应对湖州电网的2回220 kV对外联络线路(瓶莫2238线、瓶林2444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220 kV联络线。

4.3 低周/低压减载的配置

湖州电网安全稳定控制系统属于电力系统的第二道安全稳定防线，在一些特殊情况下，若500 kV线路发生“N-2”故障后220 kV联络线路也断开，该安控系统不起作用。因此，在装

设了湖州电网安全稳定控制系统后，还应加强湖州电网第三道防线的建设，特别是应增加低周减载的配置比例。根据表1的结果，建议湖州电网(含青石变、大德变)2009年、2010年的低周减载配置量分别不低于900 MW和1250 MW。另外，还应适当配置一定数量的低压减载装置。

5 结论

(1)随着近年来湖州电网受入电力的不断增大，特别是瓶莫2238或瓶林2444线开断后，湖州电网抵御严重故障的能力明显下降。在湖州电网第二座500 kV变电所投产前，应该且必须在湖州电网装设安全稳定控制系统。

(2)综合考虑安控系统的动作可靠性及技术可行性，湖州电网安全稳定控制系统宜采用主从控制模式。

(3)若湖州电网安全稳定控制系统的动作策略中包含220 kV备用联络线路合闸命令，则应具备合闸条件判定逻辑，防止角差或压差过大时强行合环造成设备损坏。在装置切负荷量的配置上应考虑线路拒绝合闸的可能。

(4)应对湖州电网2回220 kV对外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220 kV联络线。

(5)在装设了湖州电网安全稳定控制系统后仍应加强湖州电网第三道防线的建设，特别是应增加低周减载装置的配置容量，并应适当配置一定数量的低压减载装置。

参考文献：

- [1] 浙江电力调度通信中心. 2008年浙江电网存在问题及对策分析报告[R]. 2007.
- [2] DL755-2001 电力系统安全稳定导则[S]. 北京: 中国电力出版社.

收稿日期: 2008-10-15

作者简介: 倪秋龙(1976-), 男, 福建龙岩人, 高级工程师, 硕士, 从事电力系统安全稳定工作。

陆春良(1966-), 男, 浙江海盐人, 高级工程师, 硕士, 从事电力系统安全稳定工作。

叶琳(1979-), 男, 浙江慈溪人, 工程师, 硕士, 从事电力系统安全稳定工作。

(本文编辑: 杨勇)