

对“十五”计划西电东送广东电网的安全稳定控制系统研究

孔伟彬

(广东省电力设计研究院, 广东 广州 510600)

摘要: 为了保证电网的安全稳定运行,南方电网和广东电网需要建立安全稳定控制系统。通过对南方电网和广东电网的稳定计算找出其稳定措施,从而提出广东电网对安全稳定控制系统的要求和配置。根据对安全稳定控制系统的技术要求和信息传输特点,提出对通信专业的要求。

关键词: 安全稳定控制; 稳定计算; 解列; 切负荷; 失步

中图分类号: TM712 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)10-0025-04

1 引言

西电东送是我国实施西部大开发战略的重要组成部分。“十五”计划期末,将从广西、云南、贵州和三峡等地区向广东送电 10000 MW。“十一五”计划及以后,随着龙滩、小湾等电站的建设,西电东送的力度将继续加大。南方将建成一个由多回交、直流组成的西电东送主网架。

为了保证电网的安全稳定运行,南方电网和广东电网需要建立安全稳定控制系统,而且该系统必须与一次系统同步建成。

设立安全稳定控制系统的目的和主要原则是:

(1) 在满足“十五”期间向广东送电 1 MW 的前提下,系统中发生任何复杂故障,不能造成广东、广西、贵州、云南电网崩溃,不能发生大面积停电事故;

(2) 按照电力系统稳定导则三道防线的要求,从全网角度出发,建立起作为第二道防线的电网安全稳定控制系统,确定其配置的原则和框架结构;

(3) 在交流系统严重故障情况下,不能发生连锁反应,宁可牺牲局部,应尽量保证直流系统的安全运行;

为了保证电网的安全稳定运行,广东电网还应配备足够的低频、低压减负荷装置,其容量应与送电容量相匹配;在切机、切负荷和解列后,在满足频率、电压稳定的前提下,如频率、电压达不到正常的额定值,需要通过低频、低压减负荷装置切除部分负荷来使频率、电压达到正常的额定值水平。

2 一次系统对安全稳定控制系统的要求

2.1 系统稳定计算结果综述

根据计算结果,对作为受端的广东电网可分下列几种情况:

(1) 当系统发生故障时,系统可保持稳定。系统不需要采取任何措施。

如:2005 年天广直流、贵广直流、三广直流单极闭锁系统都能保持稳定。三广直流双极闭锁时,系统也能保持稳定。

(2) 当系统发生故障时,系统不能保持稳定。系统仅需要采取切机或直流减功率措施,系统才可以保持稳定。有如下例子:

2005 年天广直流双极闭锁系统失稳,需切天生桥 1 级站 1 台 300 MW 机组才能保持系统稳定。贵广直流双极闭锁系统失稳,需切贵州 1800 MW 机组才能保持系统稳定。

500 kV 博罗 - 横沥双回线中的一回线三永故障,保护误动跳双回后系统失稳,需三广直流降功率 2000 MW 或双极闭锁才能保持系统稳定。

500 kV 西江 - 肇庆换流站双回线中的一回线三永故障保护误动跳双回后系统失稳,需贵广直流双极闭锁并且贵州切机 2500 MW 才能保持系统稳定。

(3) 当系统发生故障时,系统不能保持稳定。系统需要采取切机和切负荷措施,系统才可以保持稳定。

如:500 kV 博罗 - 惠州换流站一回线三永故障保护误动跳双回后系统失稳,需三广直流双极闭锁并且切东莞负荷 300 MW 才能保持系统稳定。值得注意的是,如果不切东莞负荷,切其它地方的负荷也能保持系统稳定,如切汕头 400 MW 负荷。

在切机和切负荷的情况下,送端多切机可使广东电网可少切负荷,例如:安顺开关站到安顺换流站双回线路一回三相故障另一回误动时,系统不稳,需要贵州切机 3000 MW,广东切负荷 2180 MW,系统才可以保持稳定。如果贵州切机 2400 MW,广东切

负荷 3070 MW,系统也可以保持稳定;当贵州切机 3200 MW 并切开安顺 - 纳雍的线路,广东不切负荷系统也可以保持稳定。

由此可见,广东电网需要切负荷多少与切机的数量有关。

(4) 广东省网内严重故障,系统不能保持稳定。系统需要采取切负荷措施,系统才可以保持稳定。

有如下例子:

2004 年丰大方式下在横沥 - 惠州换流站线路单回故障跳双回情况下东莞需要切负荷 1000 MW。

2005 年在 220 kV 西江 - 大富双回线路单回故障保护误动跳双回情况下,220 kV 大富、北水、佛山站需要切负荷 130 MW。

由于广东电网需要切负荷多少与系统故障情况、运行方式、送端切机的数量有关。具体南方电网安全稳定控制系统策略表如何制定,广东省具体切多少负荷需多部门协调,广东省切负荷装置的配置与该协调结果有较大关系。但是,应当指出:当外省网发生故障时,因通道问题和装置故障等问题而导致切机不足或切负荷不足时,南方电网系统也会失稳,从而导致系统解列。广东省网在解列后也要损失部分负荷才可使电网的周波以及电压回复正常。

由于广东电网在 2005 年切负荷数量较大,切负荷的多少取决于送端切机的数量。如果就地集中切负荷对该地区影响很大。所以,建议采用分散切负荷方式,这样一来,控制子站相应增加。建议分散切负荷按如下原则:

对功率送出的站,如:茂名、韶关站不考虑切负荷。如果切这些站的负荷会使这些站的 500 kV 出线潮流增大。

对外区故障(包括直流故障)引起的切负荷,由于切负荷数量较大,建议按所切负荷占系统总负荷的百分比来切各 500 kV 变电站的负荷。

切负荷主要考虑切除 220 kV 变电站的 110 kV 出线。切负荷应切足,可多切。少切会导致系统不稳。

考虑到就近切负荷的原则,以减少通道和设备的投资。一般考虑切除 500 kV 变电站附近的 220 kV 变电站的 110 kV 出线。如果切的负荷占该站的负荷较大还不能满足,才考虑切除较远的 220 kV 变电站的 110 kV 出线。

当发生切负荷是在直流双极闭锁和两个直流同时故障的情况,考虑到汕头较远,一般对汕头站不设切负荷或少切负荷。但对 500 kV 惠汕线一回

线路三永故障跳双回这类的故障,由于汕头站是受端站,这才需要切汕头负荷。

考虑到第三道防线的系统解列以后,系统的电压和频率的恢复(低周低压减载)需要的切的负荷不应与作为第二道防线所需要切的负荷为同一个负荷。

南方电网复杂故障(广东省网外的故障)情况下,对需要切广东省的负荷情况进行了计算,计算表明:切广东负荷的地点对稳定结果、所需切的数额影响不大。根据此结果,可有如下结论:如需切较多负荷,则可尽量分散切负荷地点,以避免某地区切负荷过多。如切较少负荷,则可尽量切重要等级低的负荷,而不用考虑切负荷的地点。

考虑到二次设备的动作时间和通道的传输时间,要求切机、解列动作时间一般为 0.3~0.4 s 左右。研究计算表明:如果切机、解列动作时间越长,在同样的故障情况下,切机和切负荷的数额越多。但是,计算表明,南方电网复杂故障条件下切机的位置对需要切机的数量有较大影响。由于广东电网是一个受端系统,这类问题在广东电网的安全稳定控制系统是无须考虑的。

2.2 广东系统对安全稳定控制系统的功能要求和配置

装设安全稳定控制系统旨在防止系统稳定破坏或事故扩大,造成大面积停电。应尽可能发挥直流调制的作用。为了提高系统的稳定裕度,安全稳定控制系统不应把直流调制作为紧急状态下的措施。

严重故障时安稳系统应优先考虑切机、切负荷措施,切机切负荷要切足,可考虑过切尽量保持系统的完整性。不得已时才考虑解列措施,解列时应尽量确保只解一个断面,推荐解列茂名 - 玉林、罗洞 - 梧州、罗洞 - 贺州的两广断面。

考虑到与外省网的安全稳定控制系统的联系,建议在 500 kV 罗洞变电站设立安全稳定控制系统主站。主站的功能是:

(1) 接收外系统故障信息及广东切负荷的要求。

(2) 根据广东网的故障情况发出对送端电网切机的要求。

(3) 监测与外网联络线的传输功率和功角,判断系统是否会发生或将会发生振荡,作为预防措施,向广东省网内的子站发出切负荷信号。如果发生振荡,向预定解列点发出解列命令。

(4) 接收系统的运行状况,包括:机组出力、各

500 kV 变电站的负荷、抽水蓄能机组的运行工况等。

(5) 在接收到故障信息后,根据省网的运行方式作出切负荷的方案,并向各子站下发切负荷信号(包括切负荷的数额)。

除了设立安全稳定控制系统主站外,还需要在全省 500 kV 变电站装设控制子站。子站的功能是:

(1) 接收主站的切负荷命令后,下发切负荷命令到各 220 kV 变电站,通过 220 kV 变电站切除 110 kV 出线开关来切除负荷。

(2) 上传本站所管辖的系统的运行状况,包括:机组出力、机组的运行工况、各 220 kV 变电站的 110 kV 线路的负荷、各 500 kV 线路的功角等。

(3) 上传本站的故障信息到主站。

(4) 对与直流换流站有直接联系的子站,根据本站的运行情况和保护动作情况向直流换流站发出诸如:紧急停阀、减负荷、功率提升等命令;也要接收直流换流站发出的信号,诸如:双极闭锁、单极闭锁等并转发到主站。

切负荷尽量满足切负荷切除时间 0.3 ~ 0.4 s 的要求。由于切负荷的数额与运行方式、故障类型、切机多少(也与开机多少)有关,而且切负荷的分散性加上信息传递的需要,确定了主站与子站的通信方式是光纤通信方式,上、下行的信息传递是采用帧信号来传送的。

子站与主站的关系确定了其结构是分层集中式设置,如图 1 所示。

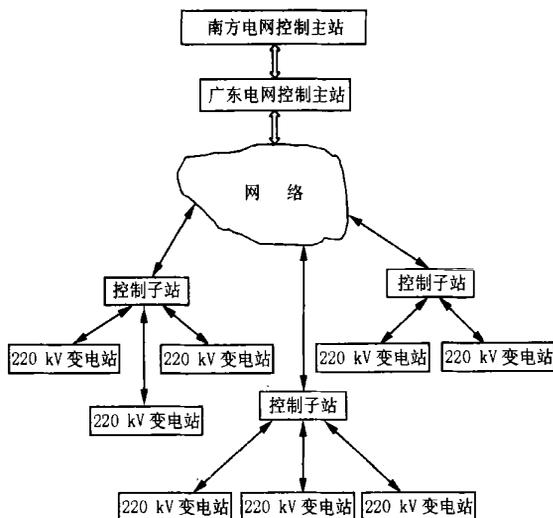


图 1 广东电网安全稳定控制系统配置

Fig. 1 Distribution for safe and stable control system of Guangdong Power Network

同理,对于作为安全稳定控制系统一部分的功角实时监测系统,其结构也是分层集中式设置。它作为安全稳定控制系统的—个部分,从各个子站收集每条线路的电流电压信息送到主站后由主站计算出每条线路的功角。

3 对安全稳定控制系统的技术要求

根据上述的要求,系统安全稳定控制系统对主站和子站的装置有如下技术要求:

(1) 安全稳定控制系统的各类装置的一般的技木要求和屏(柜)的技术要求应和继电保护等同。

(2) 装置应采用微型机。重要的厂站应双重化,有较高的冗余容错的能力,其运行判据应尽量采用就地判据减少对通道的依赖,以提高装置运行的可靠性。

系统结构采用分布式控制系统,采用离线计算决策,在线计算决策暂不考虑,但预留有关在线预决策接口。

(3) 安全稳定控制系统的各类装置应简单可靠,并满足安全性、选择性、灵敏性和速动性的要求。满足切负荷的切除时间不大于 0.3 s 的要求。

(4) 安全稳定控制装置应能不借助于外部输入接点而正确判别本厂、站内元件的运行状态,并能和厂、站内就地监控装置实现联网,必要时可从网络获取相应信息。安全稳定控制系统装置通信能力应比较强,可以在检测到故障情况下同时采取切机、切负荷等多种措施,或应付需要同时切不同厂站负荷的情况。

(5) 装置应能进行事件记录和事故过程中数据记录,装置应带有本地和远方通信接口,以实现就地 and 远方查询故障和装置信息,修改定值等,所采取的通信规约应具有通用性和标准化。

(6) 装置应能储存多组策略表,以便在运行方式发生变化时方便地进行策略表切换。

(7) 装置出口动作回路应使用硬件和软件的多重判据以提高安全性。

(8) 装置应具有自检、整组检查试验、打印等功能。

(9) 装置应是分布式、模块化、拼装式结构,以适应不同的功能要求。装置硬件配置应采用高性能的技术平台,并具备可扩性;软件编制应具备兼容性易于修改和更新,以适应电网发展。

(10) 为了防止切机和切负荷装置的误动,装置动作的判据应尽量采用就地判据。对于就地判据难

以得到的,信号的传输应由不同路由的两个或三个彼此相互独立的通道来传送,接收侧相应采用二取二方式或三取二方式。

(11)由于上、下行的信息传递的要求,主站与子站的信息传递是采用帧信号来传送。例如:主站对需要切负荷的下行帧信号内容包括:时标信号、故障信息标记、接收子站代号(地址码)、切负荷数额、冗余码检测等;子站在收到下行帧信号后,根据切负荷数额定出所需要的切除 110 kV 线路。

4 安全稳定控制系统对通信专业的要求

对于安全稳定控制系统各站之间的信息传送,通道是安全稳定控制系统的重要组成部分,通道的性能直接关系到安全稳定控制系统作用的发挥。由于安全稳定控制系统主站与子站之间的信息交换是以帧信号来传送的。适合于这种信号的传输仅有微波通道、光纤通道可供选择,建议只考虑用光纤做安全稳定控制系统的通道。

切负荷等控制命令应不经中间环节直接发送和接收,以减少传输时间和提高可靠性。

由于安全稳定控制系统采用双重化配置、互为备用的原则,每套安全稳定控制系统暂按两路安全可靠的安全自动装置通道考虑。两路通道应考虑彼此独立,尽可能考虑采用不同的通道方式或不同路由。安全稳定控制系统尽可能利用已有或规划中已有的光纤做通道。

每个主站或子站用 64 kb 口或 2 M 口连接到光端机。即每个有安全稳定控制系统装置的变电站都要留足够多的通信接口给安全稳定控制系统装置。PCM 机群按点对点配置。

5 结论

在满足“十五”期间向广东送电 1000 万 kW 的前提下,系统中发生任何复杂故障,不能造成广东、广西、贵州、云南电网崩溃,不能发生大面积停电事故;在系统内装设安全稳定控制系统是十分必要的。对广东电网设置安全稳定控制系统主要是:如何合理分散地切负荷;如何在交流系统发生故障时对直流输电系统进行功率提升及功率回降;失步的检测和解列;不仅在紧急状态下保证系统的安全稳定,并且起到预防性的控制作用。

由于切负荷的分散性和切除数额随运行方式和故障类型而变化,所以切负荷信号不可能采用已有的 0/1 信号或切机所用的传输方式来实现,这需要再作进一步的研究。相信采用现代的计算机技术是不难解决的。

参考文献:

- [1] 王梅义,吴竞昌,蒙定中.大电网系统技术[M].北京:水利电力出版社,2001.
- [2] 张徐东,孔伟彬,等.“十五”期间向广东送电 1000 万千瓦工程安全稳定控制系统原则设计[Z].中国电力工程顾问有限公司、广东电力设计研究院,2001.
- [3] 孔伟彬,黄河.广东电网接受西电东送电力安全稳定控制系统原则研究[Z].广东电力设计研究院,2002,2.

收稿日期: 2002-09-09

作者简介:

孔伟彬(1945-),男,大学本科,高级工程师,从事电力系统继电保护的设计研究工作。

Study on the control system for Guangdong power network operating in safe and stable condition to receive electric power from western of China during the Tenth Five- Year Plan

KONG Wei-bin

(Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China)

Abstract: To keep power network operating in safe and stable condition, the safe and stable control system should be built up in China southern power network and Guangdong power network. By the stable calculation, the measure had been found out, and the requirement and distribution for the control system had been provided. Based on the system technical requirement and its message transmission, the requirement for communication had also been taken in this paper.

Key words: safe and stable control; stable calculation; disconnection; shedding load; out of step