

韶关电网在线预决策安全稳定控制系统的设计及实施

曾勇刚¹, 秦 华¹, 方勇杰², 刘 兵², 邵俊松², 张荫群¹, 许剑冰², 鲍颜红², 薛禹胜²

(1. 广东省电力调度中心, 广东省广州市 510600; 2. 国家电力公司电力自动化研究院, 江苏省南京市 210003)

摘要: 分析了广东省韶关电网向主网送电的安全稳定性和对原有安全稳定控制装置进行改造的必要性, 介绍了韶关电网在线预决策的安全稳定控制系统的配置、功能、技术要求和相应的安全稳定控制策略。该安全稳定控制系统采用基于 EEAC 稳定性定量分析工具跟踪系统实际运行工况, 自动优化控制措施, 对电网发展和运行方式变化具有自适应性。该系统的两级控制功能模式已正式运行, 有效地提高了韶关电网向主网送电的功率极限。

关键词: 在线预决策; 系统保护装置; 自适应; 定量分析; 工程实施

中图分类号: TM712; TM762

0 引言

广东韶关电网南送线路的故障, 尤其是 500 kV 曲北线故障, 有可能造成韶关电网的稳定破坏或线路严重过载而导致事故扩大。韶关电厂原有的送出线路过载、三相跳闸联切机组的就地安全稳定措施已不能适应已存在的 500 kV/220 kV 电磁环网运行的要求。考虑到将来韶关电厂 11 号机组和湖南鲤鱼江电厂的接入、曲北乙线和曲江站 2 号主变的投产以及韶关小水电的进一步发展, 有必要对韶关电厂原有稳定控制装置进行全面改造, 以确保韶关水火电能安全地大量南送。

本文在全面分析、研究韶关电网向广东主网送电的安全稳定性以及综合评估韶关电网原有安全稳定措施的基础上, 提出在韶关电网实施以在线预决策安全稳定控制技术为核心的区域安全稳定控制措施, 对韶关电网在线预决策的安全稳定控制系统的功能配置及技术要求进行了分析和研究, 确定了该安全稳定控制系统的两级控制功能模式, 制定了相应的安全稳定控制策略。

1 韶关电网安全稳定性情况简介

广东省韶关电网的结构如图 1 所示。韶关电网通过 500 kV 曲北线、220 kV 韶郭线、韶田线及韶英线与广东省主网联系。在丰水期, 韶关地区有大量地方电倒送 220 kV 电网, 加上韶关电厂和坪石 B 厂的约 1 000 MW 出力, 韶关电网南送主网截面的功率可达 1 200 MW~1 300 MW。

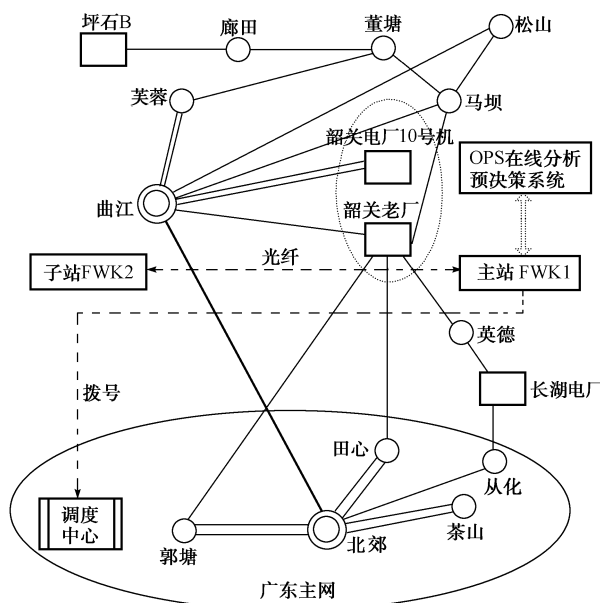


图 1 韶关电网在线预决策的稳定控制系统功能配置
Fig. 1 Schematic diagram of Shaoguan power system with on-line pre-decision based system protection scheme

韶关电网南送主网截面的暂态稳定极限和热稳极限与韶关电厂的开机方式、长湖电厂机组的出力以及 220 kV 站的负荷水平有密切关系。

为提高韶关电网送电主网的能力, 在韶关电厂和长湖电厂原分别装设有 UFV-2C 型稳定综合控制屏, 可实现韶关电厂南送 220 kV 出线三相跳闸或过流, 联切韶关电厂机组; 长从线三相跳闸或过流, 联切长湖电厂机组。该稳定控制措施可提高韶关电网向主网送电的暂态稳定极限和热稳极限, 但同时也存在以下问题和不足:

a. 逻辑判断简单, 可能存在严重过切问题;

b. 不能考虑系统运行方式的变化、韶关电厂开机方式和出力变化以及英德站负荷和长湖电厂出力的变化;

c. 不能区别不同出线故障以及不同类型的故障;

d. 在 220 kV 出线断开后才采取切机措施,延长了切机时间;

e. 不能适应系统网络结构的发展变化。

在韶关电网采用在线预决策的安全稳定控制系统,可从根本上解决对系统运行方式的改变以及系统发展变化的适应性问题,提高韶关电网向主网送电的功率极限,并以最小的控制代价换取最大的电网运行效益,同时将运行人员从繁重的离线计算中解脱出来。

在线预决策的安全稳定控制系统由在线分析预决策系统 OPS-1 和分布式稳定控制系统 FWK 组成。其思想是在线跟踪系统工况,用等面积扩展法则(EEAC—extended equal area criterion)提供的受控电力系统的稳定裕度指标,快速搜索对应于给定故障集的、满足一定系统稳定裕度值的、控制代价为最小的控制策略,定期刷新控制执行装置中的控制策略表,从而对电网发展变化、运行方式改变具有很强的自适应能力^[1~3]。

2 韶关电网在线预决策的安全稳定控制系统功能配置

韶关电网在线预决策的安全稳定控制系统功能配置如图 1 所示。该系统的主要功能是当韶关电厂 220 kV 出线韶英线、韶田线、韶郭线、500 kV 曲北线故障以及 500 kV 曲江站主变(单瞬、单永、两相短路接地、三相短路及无故障跳闸)或过流时,根据当时的系统工况,采取切韶关电厂机组的措施,确保电网的安全稳定运行。

2.1 安全稳定控制系统的功能配置

韶关电网在线预决策的安全稳定控制系统由 1 套 OPS-1 和 2 套 FWK 组成。控制主站设在韶关电厂,装设 OPS-1 和 FWK1;子站设在 500 kV 曲江站,装设 FWK2。

韶关电厂 FWK1 与 500 kV 曲江站 FWK2 之间为光纤通信,FWK1 与 OPS-1 之间为网络通信。中调通过拨号读取 FWK1 所采集或接收到的系统运行工况的相关信息、FWK1 的离线策略表、单元处理机定值、上位机定值以及 OPS-1 分析计算所得到的在线控制策略表。

为保证在线预决策安全稳定控制系统的可靠性,对分别装设在韶关电厂和 500 kV 曲江站的

FWK1、FWK2 均采用双机备用。

500 kV 曲江变电站 220 kV 旁路开关代供 220 kV 韶曲甲、乙、丙线,曲芙甲、乙线,曲松线、曲马线 220 kV 以及主变 220 kV 侧开关时,或韶关电厂 220 kV 旁路开关代供 220 kV 韶英线、韶田线、韶郭线、韶曲丙线、韶马线,8 号机组 2208 开关和 9 号机组 2209 开关时,装置的电流测量回路可以自动切换,其故障切机和过流切机功能不受旁路开关切换的影响。

2.2 安全稳定控制系统各装置的主要功能

2.2.1 曲江变电站 FWK2

a. 检测曲北线,曲江站主变,韶曲甲、乙(韶关电厂 10 号出线)、丙线(韶关老厂至曲江站),曲芙甲、乙线,曲松线,曲马线的运行状况和故障类型,并将采集到的信息送往韶关电厂 FWK1。

b. 接收 FWK1 发来的断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

c. 检测曲江变电站接于主变的 220 kV 母线的故障类型,查找 FWK2 的控制策略表,决定控制策略,执行断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

2.2.2 韶关电厂 FWK1

a. 接收 FWK2 发来的信息。

b. 检测韶关电厂机组的开机方式及出力,韶郭线、韶田线、韶英线、韶曲丙线、韶马线的运行状况和故障类型。

c. 根据 FWK2 和 FWK1 所采集的信息,查找 FWK1 的控制策略表,决定控制策略。

d. 执行切韶关电厂 4 号、5 号、6 号、8 号、9 号机组的指令;向 FWK2 发出断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

2.2.3 韶关电厂 OPS-1

OPS-1 接收 FWK1 送来的实测系统信息,分析计算出对应于预想故障集的控制策略表,定期刷新 FWK1 中的在值策略表。

2.3 第 1 级控制功能(离线控制策略)

韶关电网在线预决策安全稳定控制系统的稳定控制功能分为两级:第 1 级控制功能按离线整定的策略表实施控制;第 2 级控制功能采用在线预决策系统分析计算所得到的策略表实施控制。

按离线整定的策略表实施第 1 级控制功能时,在线预决策系统分析计算所得到的策略表只用于观察和对照,不刷新 FWK 的在值控制策略。

韶关电网在线预决策安全稳定控制系统第 1 级控制功能模式(离线控制策略)具有以下功能:

a. FWK2 检测到曲江变电站连接到主变的

220 kV 母线三相短路故障时,根据当时的系统运行工况,FWK2 查找本站离线策略表。若韶关电网出线曲北线+韶郭线+韶田线+韶英线截面实测南送功率大于整定的断面稳定功率定值(断面功率设定一级),执行断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

b. FWK1 检测到 220 kV 韶英线、韶田线、韶郭线、韶曲丙线、韶马线,或接收到 FWK2 发来的 500 kV 曲北线发生单瞬、单永、两相短路接地、三相短路故障、无故障跳闸、500 kV 曲江变电站主变三相短路故障信息时,根据当时的系统工况,查找本站离线策略表,若韶关电网出线曲北线+韶郭线+韶田线+韶英线截面实测南送功率大于整定的断面稳定功率定值(断面功率设定三级,对应每级断面功率,有一个不同的要求切机容量定值),按最小切机容量和至少保留两台机组运行的原则,执行切韶关电厂 4 号、5 号、6 号、8 号、9 号机组的指令,或向 FWK2 发出断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

c. FWK1 检测到 220 kV 出线韶英线、韶田线、韶郭线或曲江变电站主变过载,FWK1 根据过载线路(变压器)的过载量和过载线路(变压器)当前的过载切机分配系数,按最小切机容量和至少保留两台机组运行的原则,决定应切除的机组,执行切韶关电厂 4 号、5 号、6 号、8 号、9 号机组的指令,或向 FWK2 发出断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的指令。

2.4 第 2 级控制功能(在线预决策控制策略)

第 2 级控制功能(在线预决策控制策略)是指采用 OPS-1 在线分析计算的策略表进行控制。

采用 OPS-1 在线分析计算的策略进行控制时,若韶关老厂 220 kV 出线韶英线、韶田线、韶郭线、韶曲丙线、韶马线以及 500 kV 曲北线发生单瞬、单永、两相短路接地、三相短路故障及无故障跳闸,500 kV 曲江变电站主变三相短路故障,FWK1 根据实际检测到的故障类型,查找 OPS-1 在线计算得到的在值控制策略表,若满足出口条件,则执行出口,按最小切机容量原则,切韶关老厂相关机组或韶关电厂 10 号机组。

若 500 kV 曲江变电站接于主变的 220 kV 母线三相短路故障时,FWK2 仍查询本站离线策略表,执行断开韶曲甲、乙线(切韶关电厂 10 号机组)的策略。OPS-1 不参与该功能的策略分析计算。

检测 220 kV 出线韶英线、韶田线、韶郭线或 500 kV 曲江变电站主变过载切机功能,仍由 FWK1 和 FWK2 共同完成。OPS-1 不参与过载切机策略分

析计算。

OPS-1 严重故障时,FWK1 自动切换到第 1 级控制功能(离线控制策略)。

3 实际应用

韶关电网在线预决策稳定控制系统为原广东省电力集团公司重点科技项目。经过电网的安全稳定性研究、稳定控制策略分析、功能配置、软硬件研制、出厂试验、现场安装调试、现场试验等环节的工作,该系统的两级控制功能模式于 2001 年 9 月 22 日投入试运行,并于 2002 年 5 月 8 日正式运行。

韶关电网在线预决策安全稳定控制系统投入运行后,大大提高了韶关电网向主网送电通道的输送能力,韶关电网南送断面的稳定极限提高了 350 MW 左右,有效地缓解了丰水期韶关地区的窝电问题,为负荷高峰期广东主网提供了有力的电力支持,产生了显著的经济效益和社会效益,同时为广东电网其他地区的安全稳定控制装置的改造提供了技术借鉴^[4],为将来实现广东电网集中分层式安全稳定控制做好了准备工作。

4 结论

在线预决策安全稳定控制系统是现代大电网稳定问题行之有效的解决方案。它使控制系统对电网发展和运行方式变化的适应性问题得到了彻底的解决。本文在对广东省韶关电网向主网送电的安全稳定性进行全面分析、研究的基础上,提出了在韶关电网装设在线预决策的安全稳定控制系统的方案。该安全稳定控制系统的实施有效地提高了韶关电网向主网送电的功率极限。

参考文献

- Xue Y. An Emergency Control Framework for Transient Security of Large Power Systems. In: International Symposium on Power Systems. Singapore: 1993
- 方勇杰,范文涛,陈永红,等(Fang Yongjie, Fan Wentao, Chen Yonghong, et al). 在线预决策的暂态稳定控制系统(An On-line Transient Stability Control Systems of Large Power Systems). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),1999, 23(1):8~11
- 鲍颜红,方勇杰,薛禹胜,等(Bao Yanhong, Fang Yongjie, Xue Yusheng, et al). 在线预决策紧急控制系统中的若干问题(Practical Considerations on the On-line Pre-decision Emergency Control System). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2001,25(24):1~2,16
- DL/T 723—2000 电力系统安全稳定控制技术导则(Technical Guild for Electric Power System Security and Stability Control). 2000

曾勇刚(1963—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统运行与控制、电压稳定性研究及电网运行调度工作。
E-mail: operation@gpdc.com.cn

秦 华(1963—),男,硕士,高级工程师,主要从事电力系统分析与控制研究及电网运行调度管理工作。

方勇杰(1964—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统稳定分析与控制研究工作。

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ON-LINE PRE-DECISION BASED SYSTEM PROTECTION SCHEME FOR THE SHAOGUAN POWER SYSTEM

*Zeng Yonggang¹, Qin Hua¹, Fang Yongjie², Liu Bing²,
Shao Junsong², Zhang Yinqun¹, Xu Jianbing², Bao Yanhong², Xue Yusheng²*

(1. Guangdong Power Dispatching Center, Guangzhou 510600, China)

(2. Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: A thorough analysis on the stability problem of Guangdong Shaoguan power system and the necessity of redesigning the original stability control devices are presented. The configuration, functions, technical requirements and control strategy of the OPS-1 on-line pre-decision based system protection scheme are described. The control system uses the EEAC method for quantitative analysis of power system stability to track actual operating conditions and to automatically conduct control decision optimization, and is adaptive to the development of the power system and the change of operating conditions. The two-level control of this system has been put into industrial operation. The engineering implementation of the control system effectively increases the stability limit of power transfer from Shaoguan power system to the main power system of Guangdong.

This project is supported by National Key Basic Research Special Fund of China (No. G1998020301).

Key words: on-line pre-decision; system protection device; adaptive; quantitative analysis; engineering implementation