

分区电网广域智能自投控制系统研究

为解决分区电网500 kV变压器受电能力不足、220 kV线路输送瓶颈和故障情况下的紧急功率支援等问题,通过相邻分区电网间的电力互济、互通有无是一种切实可行的技术路线。由主站控制系统和联络通道执行厂站构成的分区电网广域智能自投控制系统,通过快速、自动投入相邻分区间的备用联络通道、充分利用相邻分区的电力供应裕度的理念,切实提升500 kV变压器受电能力、220 kV线路潮流输送能力以及故障情况下的快速转移负荷,从而实现紧急功率支援,从技术上提高分区电网的供电能力与供电可靠性,确保电网的安全稳定运行。

刘盛松¹ 罗建裕¹ 于 浩² 李海峰¹ 胡 伟¹/1.江苏省电力公司
2.江苏华瑞泰科技股份有限公司



刘盛松/高级工程师

关键词/Keywords

分区电网·
备用联络通道·
广域智能自投控制·

随着特高压建设的发展,电网分层分区不断深入、优化。但在分区电网电力供应矛盾上仍多采用负荷限制方式。为解决分区电网500 kV变压器受电能力不足、220 kV线路输送瓶颈和故障情况下的紧急功率支援等问题,通过相邻分区电网间的电力互济、互通有无成为一种切实可行的技术路线。

在受端分区电网间备用联络通道优化研究不断深入,网架结构不断健全的同时,对分区间电力互惠互济的智能控制仍然薄弱。随着备自投装置技术的发展,其越来越多地应用于高压电网。但受到备自投原理的限制,仅能实现在部分分区电网间末端站负荷在故障下的局部转移。

构建并设计健全、完善的分区电网广域智能自投控制系统,通过快速、智能自动投入相邻分区间的备用联络通道、充分利用相邻分区的电力供应裕度的理念,可切实提升电网分区供电能力

以及故障情况下的快速转移负荷,从而实现紧急功率支援,这是传统备自投系统尚未涉足的领域,在国内外范围内属于技术空白,尚无应用实例。

分区电网广域智能自投控制系统构架

依照贯彻“分层分区”与“加强受端电网建设”的电网建设原则,根据分区电网运行特点,提出分区电网广域智能自投控制系统智能、灵活的弹性技术方案。

在电网规划和电力建设布局中,各供电分区间常保留有一定的备用联络通道。快速、智能投入备用联络通道,可实现相邻分区电网间电力供应互济,能够切实提高分区电网的供电能力与可靠性,确保电网安全稳定运行。

根据分区电网运行特性,分区电网广域智能自投控制系统应由主站控制系统和联络通道执行厂站构成。

主站控制系统设置于供电分区500 kV枢纽变电站,其中主要功能包括:采集监控站内元件状态,收集联络通道执行站信息,按预定策略分析计算;故障下,按策略执行就地命令及向联络通道执行站发送控制命令;向省调安控管理系统上送分区电网广域智能自投控制系统检测、策略执行和系统状态等相关信息。

策略判断上主站控制系统应能判断出分区电网主供元件的故障状态和过载情况,特别是主供变压器和主供线路。

联络通道执行站设置于联络通道本分区电网内具备投入条件的既定或潜在

厂站。其中主要功能包括：采集监控站内元件状态，按预定策略分析计算并上送主站控制系统；故障下，按策略执行就地命令及主站控制系统控制命令。

联络通道执行站应采用标准模块化设计，可自适应各类接线方式；在分区电网发展、建设过程中具备延展性。

主站控制系统与各联络通道执行站间通过电力系统专用通信通道实现通信功能，如图1所示。

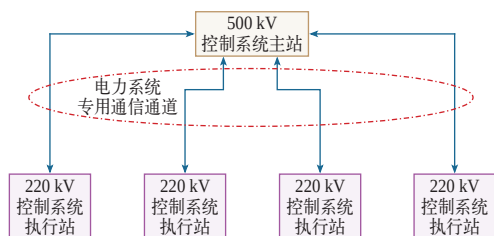


图1 分区电网广域智能自投控制系统构架示意

为保证分区电网广域智能自投控制系统动作可靠性，在主站控制系统设置上亦采用双重化配置；在通信通道选择上亦采用双通道方式。

研究方向及研究内容

随着电网分层分区的不断推进，独立运行的分区电网不断增加，部分分区的500 kV变压器的供电能力在负荷高峰时段已无法满足地区的用电需求，存在供需矛盾；分区内部主要220 kV输送通道潮流不断增加，在目前新增输电走廊日益艰难的情况下，部分220 kV线路的潮流输送能力也无法满足 $N-1$ 或 $N-2$ 要求，存在潮流输送瓶颈；在500 kV变压器或220 kV输电线路发生故障等紧急情况下，分区电网供电能力大幅降低，需要通过相邻分区紧急功率支援方可满足用电需求，否则需要负荷控制以达到供需平衡，以保证电网安全运行。

1. 广域智能自投控制系统提升500 kV变压器受电能力研究

在电力需求和电力建设不平衡的矛盾下，部分分区500 kV变电站受电能力不足，在负荷高峰时段500 kV变压器下送潮流有可能达到或超过变压器稳定限额，难以满足用电需求。

广域智能自投控制系统可根据500 kV变压器潮流情况，在500 kV变压器发生 $N-1$ 故障情况下，智能、灵活地快速投入分区电网间联络通道，从而有效提高500 kV变电站受电能力，如图2所示。

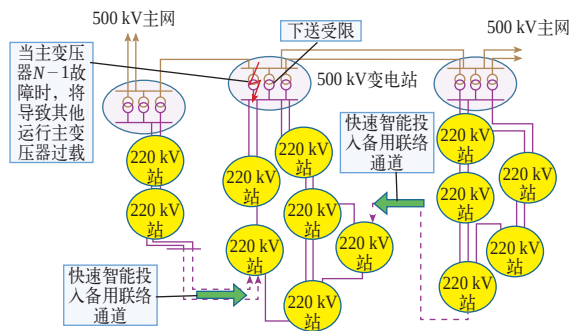


图2 广域智能自投控制系统提升500 kV变压器受电能力

广域智能自投控制系统的起动条件为：有运行的主变压器跳闸，且故障前主变压器下送潮流 ΣP 大于故障后运行主变压器中最小过负荷能力。为简化主变压器跳闸的判据，采用主变压器高压侧或中压侧开关跳开，辅助主变压器中压侧电气量判断同时无该主变压器闭锁信号作为条件。判断逻辑如下。

有运行的主变压器高压侧未检修开关均由合位变分位或该主变压器中压侧开关由合位变分位；该主变压器中压侧的有功功率小于设定值 P_{ty} ；未判出该主变压器中压侧PT断线告警；未判出该主变压器中压侧CT断线告警；未判出该主变压器中压侧HWJ异常告警。

满足上述全部条件且持续 T_q 时延后，判定有运行主变压器跳闸，广域智能自投控制系统起动。

注： P_{ty} 为主变压器中投运定值，MW； T_q 为装置起动延时，s。

通常判断线路或主变压器跳开的电气量条件为无流判据，但在主变压器高压侧开关均跳开，而主变压器中、低压侧未跳开情况下，主变压器中压侧仍可能流过较大的无功电流，若采用无流判据来判断，则不满足条件，为避免无功电流的影响，应采用有功功率作为辅助判据。

故障后主变压器的过载量判别为

$$P_{\text{过载}} = \begin{cases} \sum P_{-0.2s} - P_{\text{允许}} & (\sum P_{-0.2s} > P_{\text{允许}}) \\ 0 & (\sum P_{-0.2s} \leq P_{\text{允许}}) \end{cases} \quad (1)$$

式中， $P_{\text{允许}}$ 为故障后运行主变压器中最小过负荷能力 $\times$ 故障后运行主变压器台数，MW。

图3为广域智能自投控制系统变电站判断流程图。

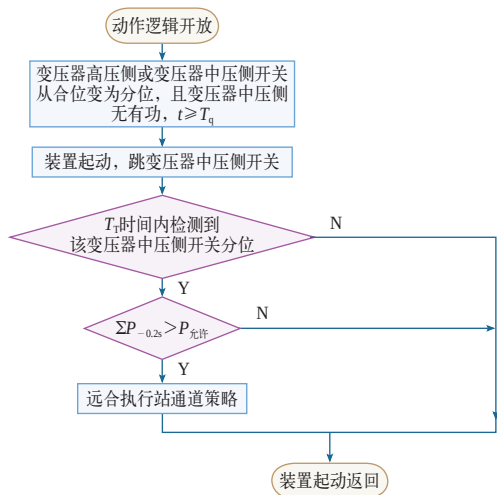


图3 广域智能自投控制系统变电站判断流程图

联络通道执行的原则按照灵敏级—支援功率—合通道判断顺序执行。当各通道支援功率均不满足时，采用优先级顺序叠加方式，直至满足；当合通道不成功时，按优先级顺序投入下一级联络通道。下表为分区联络通道执行站合联络通道执行判断表。

表 分区联络通道执行站合联络通道执行判断表

序号	联络通道	灵敏级设置	支援功率比较	合通道判断
1	第1通道	1	$1P_{\text{支援功率}} \geq P_{\text{过载}}$	合开关成功否
2	第2通道	2	$2P_{\text{支援功率}} \geq P_{\text{过载}}$	合开关成功否
3	第3通道	3	$3P_{\text{支援功率}} \geq P_{\text{过载}}$	合开关成功否

当220 kV分区联络通道执行站投入各联络通道均无措施或不成功时，500 kV变电站控制系统主站根据主变压器跳闸后运行主变压器过负载量联切220 kV分区联络通道执行站110 kV负荷。

2. 广域智能自投控制系统提升220 kV线路输电能力研究

在贯彻“分层分区”与“加强受端电网建设”的电网建设原则下，部分220 kV联络线承载

了分区电网主要电力输送，在负荷高峰时段部分220 kV联络线输送潮流有可能达到或超过稳定限额，存在电力输送瓶颈，难以满足用电需求。

广域智能自投控制系统可根据220 kV联络线潮流情况，在220 kV联络线发生 $N-1$ 或 $N-2$ 故障情况下，智能、灵活地快速投入分区电网间联络通道，从而有效提高220 kV联络线输送能力，如图4所示。

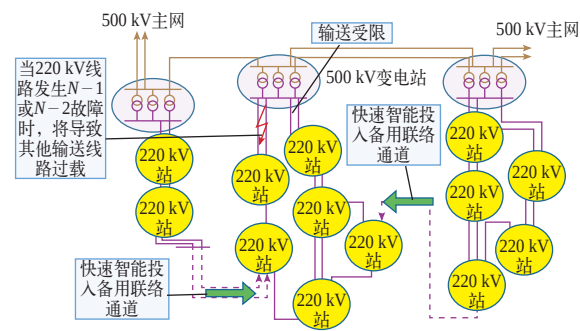


图4 广域智能自投控制系统提升220 kV线路输电能力

广域智能自投控制系统起动条件为：220 kV双线发生 $N-1$ 故障，且故障前220 kV双线输送潮流量 $\sum P$ 大于故障后运行线路过负荷能力。线路跳闸判断逻辑采用纯电气量判据，以适应线路对侧跳闸的方式。

装置判断线路跳闸的判据为：线路电流突变量起动或功率突变量起动满足起动定值；事故过程中线路功率突减量满足定值；事故后线路功率小于投运及跳后功率定值；事故后线路任两相电流小于投运及跳后电流定值；满足上述条件后的延时时间满足20 ms；事故前0.2 s线路功率大于设定定值。

故障后线路的过负载判别为

$$P_{\text{过载}} = \begin{cases} \sum P_{-0.2s} - P_{\text{允许}} & (N-1) \\ \sum P_{-0.2s} & (N-2) \end{cases} \quad (2)$$

式中， $P_{\text{允许}}$ 为故障后运行线路的过负荷能力，MW。

图5为广域智能自投控制系统线路判断流程图。联络通道执行的原则类同上述判断方式，不再赘述。

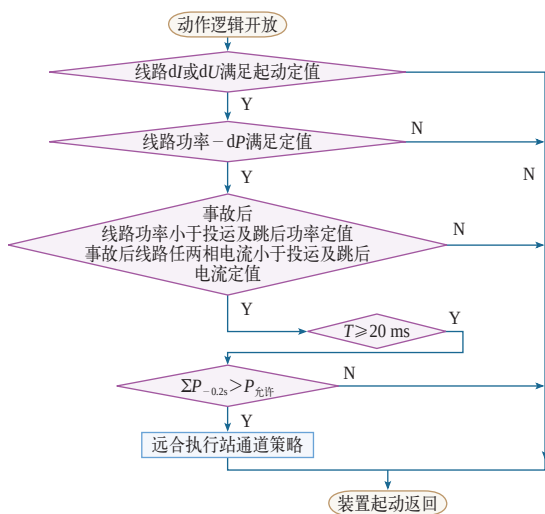


图5 广域智能自投控制系统线路判断流程图

3. 广域智能自投控制系统对提升紧急状态下分区电网间的快速负荷转移能力研究

在供电片区供电受限时，应可将片区内部分负荷通过分区联络通道转移至相邻裕度片区，保障负荷供电。

广域智能自投控制系统根据220 kV联络通道站点运行方式，在分区电网发生故障等紧急状态下，智能、灵活地快速投入分区联络通道，将部分变电站负荷快速转移至相邻分区供电，从而提升紧急状态下事故处理能力，如图6所示。

结束语

分区电网广域智能自投控制系统，通过快速、智能自动投入相邻分区间的备用联络通道，充分利用相邻分区的电力供应裕度的理念，切实提升500 kV变压器受电能力、220 kV线路潮流输送能力以及故障情况下的快速转移负荷，从而实

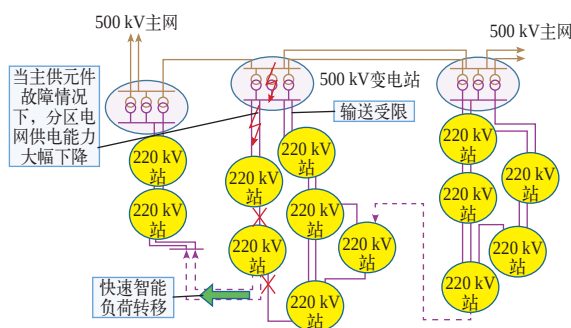


图6 广域智能自投控制系统紧急状态下分区电网间的快速负荷转移能力

现紧急功率支援，从技术上提高分区电网的供电能力与供电可靠性，确保电网的安全稳定运行。

本文的研究内容为安全自动装置在电网3道防线上的应用和推广提供了新的思路、方式和方法，使片区电网间电力互济互通成为可能。

参考文献

- [1] DL 755—2001 电力系统安全稳定导则[S]. 北京：中国电力出版社，2001.
- [2] GB/T 14285—2006 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. 北京：中国标准出版社，2006.
- [3] DL/T 1040—2007 电网运行准则[S]. 北京：中国电力出版社，2007.
- [4] 胡伟，罗建裕. 提高江苏电网输送能力措施研究[J]. 江苏电机工程，2006，25(2)：10-14.
- [5] 陆圣芝，胡伟，罗建裕. 江苏电网分层分区运行研究[J]. 江苏电机工程，2006，25(3)：11-13.
- [6] 朱寰，刘国平. 江苏220 kV电网及限制短路电流的探讨[J]. 华东电力，2005，33(5)：34-37.

(收稿日期：2015-03-10) EA

欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告