

柔性直流换流站站级控制系统交流联络状态监测研究

彭冠炎

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 交流直流并联运行的柔性直流输电系统在运行方式的快速切换或转变需要判别交流线路的联接状态, 为解决柔性直流换流站站级控制系统获取交流线路的电气量的难题, 提出采用运行状态监测装置获取相关交流线路开关的状态量进行状态进行判断。分析了状态监测系统结构和装置的判别策略, 并给出了状态监测的工程实施方案, 为实际工程的设计提供参考和借鉴。

关键词: 柔性直流换流站; 站级控制; 状态监测; 判别策略

中图分类号: TM46

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0103-04

Research on AC Tie Line Status Monitor in Station Control System of VSC-HVDC Station

PENG Guanyan

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: The operation mode fast switching and change need to monitor AC tie line status in voltage source converter high-voltage direct-current (VSC-HVDC) power transmission system during the AC/DC parallel operation mode, In order to solve the problem of getting electric parameters by station control system. This paper proposes a scheme applying operational and monitoring device to get electric parameters, This paper analyses the discrimination strategy of operational and monitoring device and gives implementation plan to project, this paper can provide reference to project design.

Key words: VSC-HVDC station; station control system; status monitor; discrimination strategy.

海上风电电网消纳是海上风电建设中的一大难题^[1-4], 柔性直流输电基于电压源变流器和脉冲宽度调制技术将直流电压逆变为幅值和相位都可控的交流电压, 并可以独立快速控制所传输的有功功率和无功功率, 极大地增强了输电的灵活性, 成为实现大型风电场与主网之间的稳定联结的最有潜质的电力传输方式^[5-6]。

交流直流并联运行的柔性直流输电系统在换流站控制模式切换、交直流并联运行方式转纯直

流运行方式、纯直流运行方式转交直流并联运行方式时需要判别交流系统是否与交流大电网系统相连接。判断交流联络线路的运行状态有两种方案: 一是通过站级控制系统获取的电气量, 如电压、频率等信息判断^[7]; 二是通过安全稳定控制装置采集相关线路电气模拟量的状态^[8]。根据柔性直流目前的技术研究水平, 第一种方案属于世界性难题, 尚未有工程实际应用或成功案例, 站级控制系统无法通过电气量获取系统的连接状态, 第二种方案可以应用于实际工程, 但设备的造价昂贵, 而且涉及到采集电气模拟量, 施工过程可能出现大面积停电^[9]。本文提出通过增加控制保护的辅助系统“运行状态监测装置”测量相关交流线路开关的状态量进行判断, 详细运行状态监测装置判别策略及工程实施方案。

收稿日期: 2016-08-01

基金项目: 中国能建广东院科技项目“特高压阀厅、户内直流场智能巡检系统”(EX03601W)

作者简介: 彭冠炎(1984), 男, 广东化州人, 工程师, 硕士, 主要从事换流站设计工作(e-mail) pengguanyan@gedi.com.cn。

1 工程应用现状

目前判断交流系统的通道状态可以采用安全稳定控制装置,通过采集与风电场系统连接交流大电网系统的进线电流及电压,通过电压电流值反映交流大系统是否与风电场电源系统连接,系统结构图如图1所示。

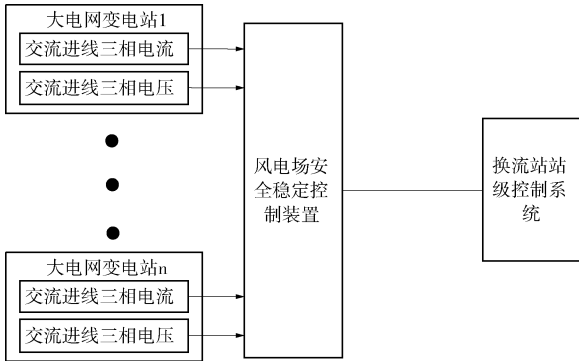


图1 安全稳定装置判断交流线路状态

Fig. 1 Safety and stability device monitor AC tie line status

安全稳定控制装置判断的交流通道状态通过电压电流模拟量实现,施工的过程中需要进行停电,如果风电场系统与交流大电网连接的变电站比较多,在施工的过程中涉及大面积停电。

安全稳定控制装置的主要功能在电网受到大扰动而出现紧急状态时,执行切机、切负荷等紧急控制措施,使系统恢复到正常运行状态,不是仅用于交流通道的状态的采集,而起安全稳定控制装置的设备造价昂贵,因此仅用于交流线路状态的判别显得十分的不经济。

2 运行状态监测系统

2.1 系统结构

运行状态监测采用断路器辅助节点反映交流线路状态系统,其判别的是交流线路断路器的开关量状态而不是模拟量状态,通过采集与风电场系统连接的大电网系统的进线断路器的辅助节点,通过断路器的辅助节点反映交流大系统是否与风电场电源系统有连接,是在安全稳定控制装置的基础上改进的一种判别装置,系统结构示意图如图2所示。

2.2 判别策略

状态监测装置只需采集交流进线断路器的辅助节

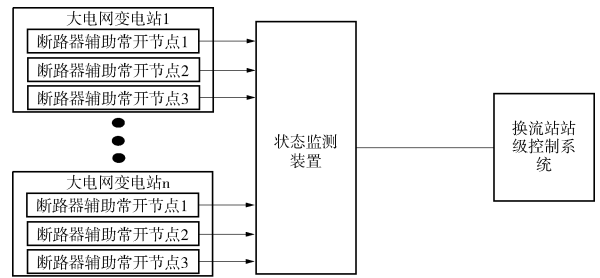


图2 运行状态监测装置判断交流线路状态

Fig. 2 Operational and monitoring device monitor AC tie line status

点,采集单一断路器辅助节点可能因为断路器机构的不可靠引起断路器位置没有正确反映,状态监测装置会给出误判的结果。故为了提高状态监测装置判断的准确性,提出了采集同一个断路器的三个辅助节点,状态监测装置采集到三个辅助节点之后进行一个“三取二”的逻辑判断,保证在断路器因为某一个辅助接点发生故障的情况下仍能正确的反映断路器的状态,逻辑算法在状态监测装置里面软件实现,如图3所示。

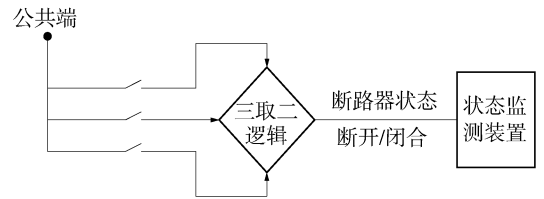


图3 断路器“三取二”状态判别方法

Fig. 3 Selecting 2 from 3 discrimination strategy

“三取二”的逻辑判断在就地采集装置中实现,通过采集同一个断路器的三对常开辅助节点,当三个辅助节点都是闭合(状态1)表示断路器是合上的状态,三个断路器辅助节点中其中任意两个辅助节点都是闭合(状态1)表示断路器是合上的状态,其他情况均表示断路器是断开的状态。若一个断路器的辅助节点损坏,断路器的辅助节点是闭合(状态1)还是断开(状态0)对整个系统的逻辑判断没有影响,还有其余两对断路器辅助节点可以实现逻辑判断,不会引起误判,确保装置判断的可靠性。

3 工程实施方案

工程实施过程中的电气网络结构图如图4所示,图中粗实线表示风电场系统换流站与大电网系统换流站的连接,细实线表示大电网变电站与风电

场系统的交流变电站连接，其中状态监测主机放于变电站 1 中，其余就地采集装置安装在各个交流变电站中。各个变电站的交流出线的断路器辅助节点直接反应断路器的位置，当辅助节点是常开节点时，断路器合闸节点信号为 1，断路器分闸节点信号为 0，各变电站的采集装置采集变电站出线线路的位置状态通过光纤传输到状态监测主机，监测主机综合判断风电场系统是否为一个孤岛系统，该判断直接影响柔性直流输电系统在换流站控制模式切换等功能。

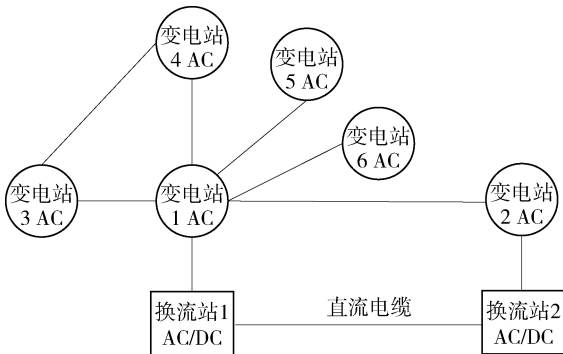


图 4 状态监测装置判断交流线路电气连接图
Fig. 4 Network of operational and monitoring device monitor AC tie line status

通常在海岛采用柔性直流输电系统之前岛内都会有交流系统，如果通过采集电气量(电压、电流)会导致交流线路停电，而采集断路器开关量不需要停电，这个是状态监测装置最大的优势之一。

状态监测装置工程实施非常简单可靠，在于风电场连接的交流变电站就地配置一台断路器辅助节点采集装置，通过 2M 通信通道将断路器的信息上送给换流站站内的状态监测装置，由状态监测装置的主机进行逻辑判断及运算。断路器的状态判断输出到换流站的站级控制系统，由换流站站级控制系统进行模式决策。工程设计系统方案如图 5 所示。

对于每一个交流换流站的就地采集装置的电气原理图如图 6 所示。

就地采集装置采集每条线路的断路器的位置状态，分别为断路器的辅助位置节点 1、2、3，一共三对常开的辅助节点。采集装置采集到状态信号通过 2 M 的光缆传输给状态监测主机，监测主机通过就地采集装置上传的信号获得与岛内相连接的交流线路的状态。以图 4 为例，交流变电站 1 的监测主

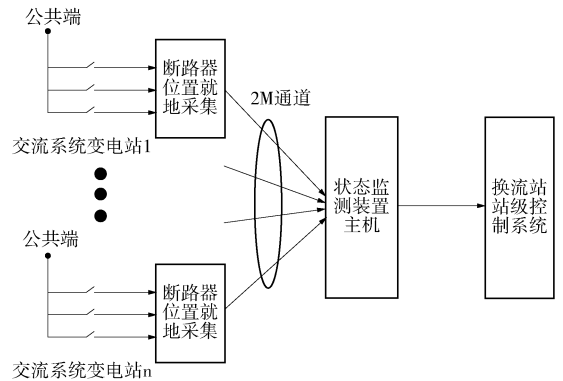


图 5 断路器的状态判别装置工程设计系统方案
Fig. 5 The project design scheme of operational and monitoring system



图 6 就地采集装置的电气原理图

Fig. 6 Local acquisition device electrical schematic diagram

机通过采集交流变电站 2、3、4、5、6 及换流站 1 的交流出线的断路器的位置获得岛内交流变电站是否与岛外交流大系统相连接。监测主机判断出是否与交流大电网相连，然后将信号发给换流站 1 的站级控制系统，由换流站 1 对整个柔性直流输电系统的换流站控制模式切换、交直流并联运行转纯直流运行、纯直流运行转交直流并联运行等运行方式进行控制策略的决策。

4 结论

本文基于柔性直流的直流控制系统不能直接获取的电气量，如电压、频率等信息及考虑工程施工不停电、降低工程造价成本等因素，提出通过判断交流通道的断路器位置的方法实现检测柔性直流交流通道状态的“状态监测装置”及其工程设计办法。

1) 该状态监测装置在工程实施的过程中采集断路器的辅助节点反映断路器的状态，由于是弱电采

集,不需要通过一次设备的停电就可以进行施工,给施工带来极大的便利。

2)“三取二”的逻辑判断,大大提高断路器状态的判断可靠性,降低因为辅助节点损坏带来装置误判的风险;

3)该装置结构和软硬件相对安全稳定控制装置配置简单,造价低,可推广性强。

本文研究结果为通过判断交流联络的状态为直流控制保护进行方式的快速切换或转变提供判别策略的依据。通过状态监测装置解决通过直流控制保护获取交流线路联络状态的世界性难题,对需要判断相关交流线路开关状态量的多端柔性直流输电工程提供借鉴及参考。

参考文献:

- [1] 汤广福. 基于电压源换流器的高压直流输电技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] FRANQUELO L G, RODRIGUEZ J, LEON J I, et al. The age of multi-level converters arrives [J]. IEEE Industrial Electronics Magazine, 2008, 2(2): 28-39.
- [3] 赵晓君. 高压直流输电工程技术(第二版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [4] 刘钟淇, 宋强, 刘文华. 基于模块化多电平变流器的轻型直流输电系统 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 53-58.
LIU Z Q, SONG Q, LIU W H. VSC-HVDC system based on modular multilevel converters [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 53-58.
- [5] HAGIWARA M, AKAGI H. PWM control and experiment of modular multilevel converters [C]//IEEE. IEEE Power Elec-

- tronics Specialists Conference. Greece: IEEE, 2008: 154-162.
- [6] 丁冠军, 汤广福, 丁明, 等. 新型多电平电压源换流器模块的拓扑机制与调制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(36): 1-8.
DING G J, TANG G F, DING M, et al. Topology mechanism and modulation scheme of a new multilevel voltage source converter modular [J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(36): 1-8.
- [7] 管敏渊, 徐政, 潘伟勇, 等. 最近电平逼近调制的基波谐波特性解析计算 [J]. 高电压技术, 2010, 36(5): 1327-1332.
GUAN M Y, XU Z, PAN W Y, et al. Nearest level modulation for modular multilevel converters in HVDC transmission [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 48-52.
- [8] HAGIWARA M, AKAGI H. Control and experiment of pulse width modulated modular multilevel converters [J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 2009, 24(7): 1737-1746.
- [9] 赵昕, 赵成勇, 李广凯, 等. 采用载波移相技术的模块化多电平换流器电容电压平衡控制 [J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(21): 48-55.
ZHAO X, ZHAO C Y, LI G K, et al. Submodule capacitance voltage balancing of modular multilevel converter based on carrier phase shifted SPWM technique [J]. Proceedings of the CSEE, 2011, 31(21): 48-55.
- [10] ALLEBROD S, HAMERSKI R. New transformerless, scalable modular multilevel converters for HVDC-Transmission [C]//IEEE. IEEE Power Electronics Specialists Conference. Greece: IEEE, 2008: 174-179.

(责任编辑 郑文棠)

中国能建广东院智能电网通信技术研究获博士后科学基金资助

2016年11月10日,中国博士后科学基金会以中博基字[2016]15号文公布了中国博士后科学基金面上资助第六十批获得资助人员名单,中国能建广东院在站博士后曹扬申报的课题——“智能电网自组织化数据采集与路由机制研究”获二等资金资助。

智能电网具有节点终端数量多、分布广、部署环境复杂、业务服务质量需求多样、传输时延与安全隐私要求高等特点。这些特点与多样网络环境(如无线信道的广播性、可叠加性,或电力线信道的时空动态性)糅合,导致智能电网中终端数据的可靠采集、路由优化及安全传输问题变得十分复杂。

“智能电网自组织化数据采集与路由机制研究”课题,以智能电网终端/末端节点的仪表数据采集与路由传输机制为研究对象,借助博弈论、策略学习理论等数学工具,以资源自配置、性能自优化、故障(攻击)自恢复的“分布式群体智能”思路解决智能电网数据采集与路由策略的复杂性问题,课题的理论研究成果将有望降低电网对海量末端节点的管控压力,提高数据采集成功率与在线率水平,为智能电网新业务的大规模应用奠定基础。

(中国能建广东院)