

[换流阀]

换流阀故障定位可视化方法研究

文/刘 源^{1,2} 熊富强^{1,2} 王智弘^{1,2} 姚 月^{1,2} 罗 军^{1,2}

1.国网湖南电力有限公司超高压变电公司; 2.变电智能运检国网湖南省电力有限公司实验室

基于现有换流阀故障定位系统存在OWS报文不能及时体现换流阀故障位置、监控界面缺少换流阀可视化模型及无法监控所有晶闸管的实时运行状态等问题,研究了一种新的换流阀可视化故障定位方法,并基于该策略设计出换流阀可视化故障定位系统。该系统可以直观显示故障换流阀的位置,便于运维人员进行进一步处理。

直流输电由于具有输送容量大、距离远及损耗相对较低等优点,是解决我国能源负荷逆向分配、实现能源清洁替代和优化配置的有效途径。换流阀作为高压直流输电系统的核心设备,它能否正常工作,对直流输电系统的安全稳定运行有决定性的影响。

晶闸管是换流阀的核心器件,晶闸管故障是换流阀在正常运行中的常见故障,发生故障的晶闸管被系统判定为故障晶闸管。若故障晶闸管数目大于相应阀组晶闸管的冗余数,则会导致阀组直接闭锁,因此,对换流阀晶闸管运行状态进行可靠的监视具有安全效益和经济价值。

本文提出了一种新的换流阀故障定位方法,实现对换流站晶闸管的全面监视,同时具有离线定位功能,通过图形化的形式展现当前状态下所有故障晶闸管信息,并可链接至对应的阀塔、阀层,能在换流阀发生故障时快速定位故障晶闸管位置,实现对换流阀健康状态进行直观的评估。当换流阀晶闸管发生故障时,该方法有利于运行人员快速准确地对故障点进行检查,减少运行人员判断时间,降低事故扩大的可能性,为直流输电系统的稳定运行提供便利。极大地提高了换流站精益运维水平,具有明显的安全效益和很高的推广应用价值。

研究对象与方法

1. 研究对象

该方法可以实现对常规换流站两个阀厅或特高压换流站四个阀厅中每个阀厅内悬吊6个双重阀塔,即对12个单阀,共计732个晶闸管的运行状态进行监视。

2. 技术路线

(1) 换流阀状态可视化界面改造调研

现阶段,换流阀状态监视系统主要存在以下问题。

1) 不同技术路线的换流阀命名规则存在很大差异,如电普瑞技术路线换流阀以阀塔内电流方向命名,南瑞技术路线换流阀以阀模块在阀塔内的空间位置命名,导致不同阀厅内及同阀厅不同桥臂内的阀模块命名规则存在很大差异。

2) 特高压换流站具有四个阀厅,每个阀厅内悬吊6个双重阀塔,即12个单阀,共计732个晶闸管,需要进行状态监视的晶闸管数量众多。

3) 监控系统缺少换流阀晶闸管位置可视化图形界面,无法实时监视所有晶闸管的运行状态。

4) 换流阀的故障报文不能清晰直观地确定换流阀阀塔空间上的具体位置,延误故障处理时间。

基于此,从运维人员现场工作需求出发,设计换流阀晶闸管状态监视系统,从而极大地减轻运维

基金项目:国网湖南电力科技项目资助(5216A3210013)

人员工作量。

(2) 换流阀状态可视化界面研究

通过调研,换流阀可视化界面应具备如下功能:

- 1) 具有相应阀组换流阀状态信息界面。
- 2) 在换流阀界面中可监测到换流阀运行状态信息等。
- 3) 换流阀界面中可链接至对应的YA相、YB相、YC相、DA相、DB相及DC相阀塔。
- 4) 阀塔界面中可监测到阀塔内每层每个晶闸管的运行状态,包括IP及PF信号。
- 5) 阀塔界面可链接至四层阀塔中每一层的运行状态。
- 6) 在每层阀塔的监测界面中可监测到阀层的设备信息、设备概述、运行状态及A、B系统的IP和PF信号,可实现故障的精准定位。

在监控系统双极高低端阀组状态页面中,增加换流阀晶闸管位置可视化图形界面,将晶闸管按照在阀塔上的实际位置进行排列,并标注相应编号。当换流阀发生故障(晶闸管无回报、晶闸管保护性触发等)时,在图形界面中相应晶闸管将由绿色变为红色。方便运维人员确定晶闸管故障位置,快速准确地观察故障点,确定故障原因;并且图形界面上故障位置显示直观,单阀内故障晶闸管数量一目了然,不需要额外记录,方便运行人员统计故障晶闸管数量,当故障晶闸管数量达到限值时,可及时准确地向调度申请阀组停运检查。有利于运行人员快速准确地对故障点进行检查,减少运行人员判断时间,降低事故扩大的可能性,为直流输电系统的稳定运行提供便利。

晶闸管故障点判定流程如图1所示。

换流阀状态可视化系统设计

1. 换流阀状态可视化系统设计原理

以流经晶闸管电流方向作为参考方向,每个阀塔电流流入先后顺序的阀层分别定义为第一层至第四层,每个单阀以电流流入先后顺序定义为A1~A8阀组件,而每个阀组件中的晶闸管按照电流流经先后顺序分别定义为1~8号晶闸管。按照上述定义,对站内换流阀及晶闸管位置进行分析后发现:极1高、低阀组的Y桥阀塔晶闸管空间位置布置和极2高、低阀组的D桥阀塔晶闸管空间位置布置一

致,如图2所示。

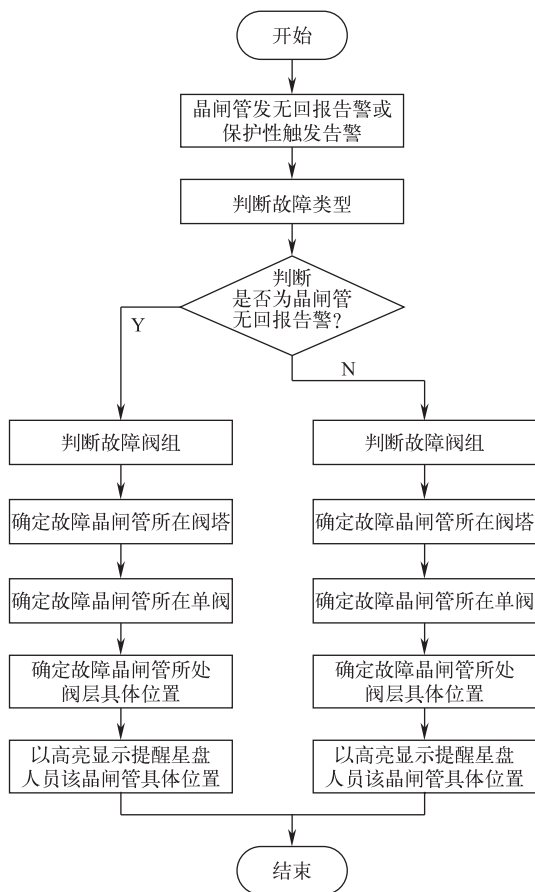


图1 晶闸管故障点判定流程图

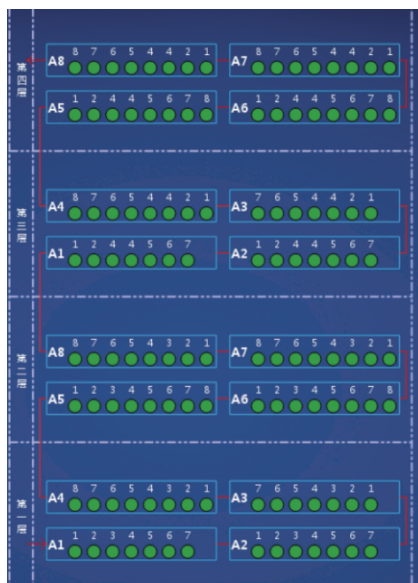


图2 极1高、低Y桥和极2高、低D桥阀塔晶闸管空间位置布置图

极1高、低阀组的D桥阀塔晶闸管空间位置布置和极2高、低阀组的Y桥阀塔晶闸管空间位置布置一

致，如图3所示。

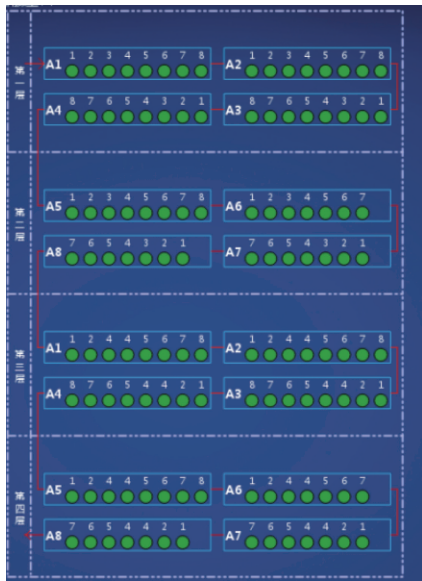


图3 极1高、低D桥和极2高、低Y桥阀塔晶闸管空间位置布置图

同一极两阀组的Y桥阀塔晶闸管空间位置布置一致，D桥阀塔晶闸管空间位置布置也一致。包括：电流方向和晶闸管层级布置一致；任意阀塔中第一层和第三层晶闸管空间位置布置一致，第二层与第四层晶闸管空间位置布置一致。

极1高、低阀组中的Y桥阀塔晶闸管空间位置布置和极2高、低阀组的D桥阀塔晶闸管空间位置布置中由上至下依次为：第四层到第一层，其中第一层和第三层晶闸管空间位置布置如图4所示，第二层和第四层晶闸管空间位置布置如图5所示。

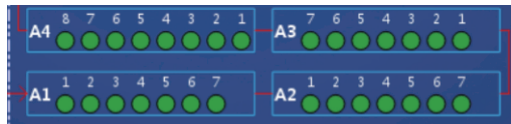


图4 极1高、低Y桥和极2高、低D桥一、三层空间位置布置图



图5 极1高、低Y桥和极2高、低D桥二、四层空间位置布置图

极1高、低阀组中的D桥阀塔晶闸管空间位置布置和极2高、低阀组的Y桥阀塔晶闸管空间位置布置中由上至下依次为：第一层到第四层，其中第一层和第三层晶闸管布置如图6所示，第二层和第四层晶闸管空间位置布置如图7所示。

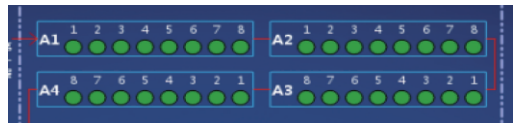


图6 极1高、低D桥和极2高、低Y桥一、三层空间位置布置图



图7 极1高、低D桥和极2高、低Y桥二、四层空间位置布置图

2. 换流阀故障定位系统设计原理

以韶山换流站为例，运维人员工作站报“极2高VBE21A-Y1Y4 Y1单阀VAY.V4.A8组件晶闸管05无回报信号报警”，或“极2高VBE21A-Y1Y4 Y1单阀VAY.V4.A8组件晶闸管05保护性触发动作报警。”

定位信息解析软件流程如图8所示。

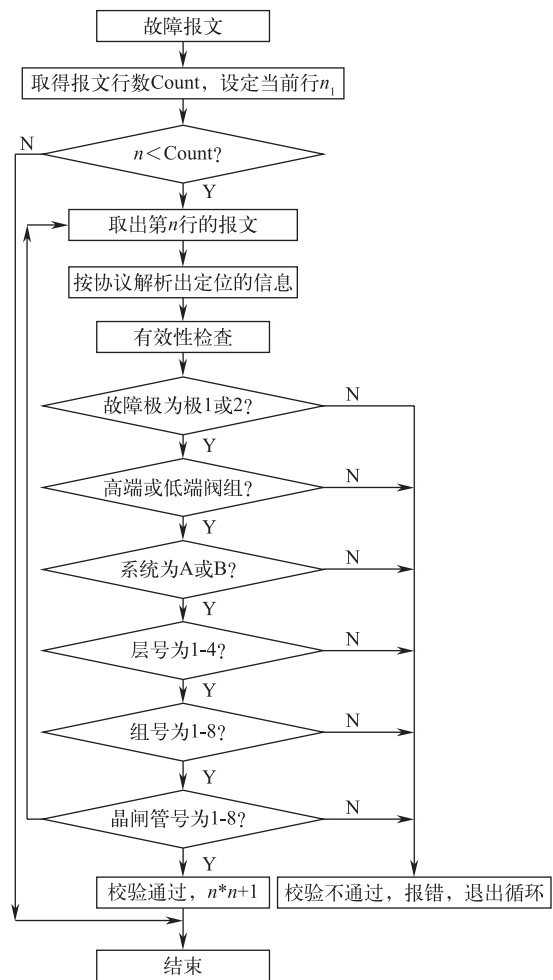


图8 定位信息解析软件流程图

通过对故障定位原则中所述晶闸管位置定义规则的分析,可对故障报文进行解析,并提取相关故障特征量,从而在图形化界面上进行故障提示。

换流阀状态可视化界面成果

该策略于2021年在韶山换流站展开调试测试,实现了对常规换流站两个阀厅或特高压换流站四个阀厅中每个阀厅内悬挂6个双重阀塔,即对12个单阀共计732个晶闸管的运行状态进行监视,并实时反馈其运行工况。

1. 项目成果

换流阀状态可视化界面主要由换流阀故障定位系统构成,该系统将晶闸管按照其在阀塔上的实际位置进行排列,标注相应编号,并通过三维图形展示出来。每个阀组共有6个双重阀塔,每个双重阀塔即为一相YYA、YYB、YYC、YDA、YDB及YDC相;每一相包含两个单阀,A相为阀1、阀4,B相为阀3、阀6,C相为阀5、阀2;每个单阀包含两层,阀4、阀6及阀2为第一层、第二层,阀1、阀3、阀5为第三层、第四层;每一层包含四个阀组件,第一层、第三层为A1、A2、A3及A4组件,第二层、第四层为A5、A6、A7及A8组件,每个组件包含7~8个晶闸管,从而实现对全部晶闸管的运行状态进行监视。

换流阀故障定位系统可监测到换流阀相关的基本信息。换流阀故障定位系统中每个阀组换流阀状态界面可链接至对应的YA相、YB相、YC相、DA相、DB相、DC相阀塔,阀塔界面中可监测到阀塔内每层每个晶闸管的运行状态,包括晶闸管无回报信号IP、晶闸管保护性触发信号PF及相应报警的冗余跳闸值。

换流阀故障定位系统中阀塔界面可链接至四层阀塔中每一层的运行状态,在每层阀塔的监测界面中可监测到阀层的设备信息、设备概述、运行状态及A、B系统的IP和PF信号。当换流阀发生故障时,通过一系列故障判别定位程序后,在图形界面中相应晶闸管颜色将会由绿色变为红色,可实现故障的精准定位。

在换流阀发生故障时根据报文能够快速定位故障晶闸管位置,缩短故障处理时间。

结束语

该项目研制的换流阀故障定位系统于2021年在韶山站使用,可实现对换流阀的各项运行工况进行独立的数据处理,通过可视化的形式展示在人机交互界面中,并可链接至对应的阀塔、阀层。当换流阀发生故障时,取代传统的运行人员对照图样判断故障位置的方法,可对故障阀快速定位,有利于运行人员准确地对故障点进行检查,减少判断时间从而降低事故扩大的可能性,为直流输电系统的稳定运行提供便利,具有明显的安全效益和很高的推广应用价值。EA

(收稿日期:2022-10-15)

参考文献

- [1] 袁清云.我国特高压直流输电发展规划与研究[J].电力设备,2007(3):1-4.
- [2] 刘昊然,刘源,蒋童璐,等.换流站电压应力保护判据优化研究[J].湖南电力,2020,40(6):81-83,91.
- [3] 陈德扬,罗炜,郭琦,等.常规直流阀区故障与测量隐患定位方法[J].电力系统自动化,2021,45(12):167-173.
- [4] 程正波,康文,黄岳奎,等.换流阀保护性触发试验原理及应用[J].湖南电力,2019,39(5):45-49.
- [4] 卢雯兴,陈明佳.基于ABB技术路线的换流阀晶闸管故障定位人机交互软件系统的应用[J].电工技术,2018(1):64-65,67.
- [5] 陈兴旺,梁帅奇,胡宗亚.高压直流输电换流阀晶闸管控制单元原理分析[J].中国新技术新产品,2011(1):105-106.
- [6] 张建峰.单阀中允许最多BOD触发晶闸管级数的简要分析[J].高压电器,2013,49(8):112-114.
- [7] 曾亮,毛成校.浅谈闭式循环阀冷设备在韶山换流站换流阀系统中的应用[J].湖南电力,2017,37(S1):91-94.
- [8] 刘新军,方健美,周仁才,等.交流特高压输电线路行波差动保护研究[J].电气应用,2020,39(4):49-56.