

[智能化]

火电厂中压开关智能化改造实例

文/华电国际电力股份有限公司十里泉发电厂 孙晋志 陈 静

随着智慧电厂概念的提出，近年来各发电集团都在不断研究和探索，而建设智慧电厂的关键是在面对诸多系统、设备时如何实现安全、精准、智慧的运行操作和针对设备缺陷隐患、运行周期如何做到主动预测、动态管理达到适时检修维护的目的。重点介绍了6 kV开关改造时，是如何选定开关智能化改造的方案以及改造实施、实际应用情况和后续改进想法。

因运行年限长，设备老化严重，某电厂6号机组6 kV工作段开关存在定位销变形、接地开关合不到位和保护装置故障等危及设备安全的缺陷，严重影响机组安全稳定运行，遂进行了整体改造。同时，考虑到近年来中压开关触电人身伤亡时有发生的情况，此次改造最终提出采用智能化开关设备，智能化控制功能程序远程植入既有ECMS，配置断路器/接触器及接地开关电动操作机构、全过程可视监控装置及在线监测诊断系统，在ECMS上实现上述一键操作、监测及预警功能，通过可视化的数据实时掌握设备运行状态，既能直接了解运行操作状态，有力管控日常业务，还能使操作人员远离设备本体，实现人员操作的本质安全。

智能化开关柜改造总体目标

智能化开关柜设备是通过各类控制、测量与通信设备实现对传统设备电气量参数的远程监视，以及通过电动机构实现断路器摇进摇出以及接地开关分合的操作，从而体现其智能化。本次改造在智能化开关柜改造方面，主要体现在实现操作自动化和开关柜状态监测两部分功能，同时将已有的谐波在线监测装置、电动机在线测绝缘装置集成到改造后的开关柜中，使得改造后的开关能够对在用设备进行更全面的状态监测。针对常见的电缆终端头发

热、开关柜摇进摇出机构卡涩、开关动特性不同期和电动机绝缘低等问题，可以通过在线监测数据进行预警和诊断。

智能化开关柜改造方案

操作自动化方面，智能化控制功能程序远程植入既有ECMS（配套江苏金智ECM-5908通信装置），因ABB公司现有MRC单元仅能接入硬接线，为减少ECMS与各开关柜之间庞大的电缆敷设工程量以及额外的综合测控装置，ECMS中的Wislink2000工业交换机通过RS 485与开关柜内综合保护装置通信（为方便通信采用与ECMS同厂家的WDZ-5200系列综合保护装置）连通，由综合保护装置在开关柜内通过硬接线方式与MRC单元连接，进而实现接入了MRC的断路器/接触器及接地开关电动操作功能。开关柜以及电动机设备的状态监测方面，通过配置在线温度监测及断路器机械特性监测智能传感设备、谐波在线监测装置、绝缘在线监测装置，再由本地部署的ABB的MyRemoteCare实时评估设备的健康状态，预测设备失效的可能性，通过将设备从传统的预防性维护模式转变到主动预测管理模式，优化升级运维方式。

操作自动化功能简介

1. 全电动机驱动开关

配备专业的电动机驱动保护装置，当遇到卡滞等非正常工作情况时，电动机输出电流增加，保护程序启动，切断电动机电源，并闭锁电动操作，同时保护指示灯亮并发故障信号防止发生不可逆的机械损伤。

针对断路器和接触器手车、开关设备接地开关的电动操作，要求如下：断路器或接触器等手车电动操作功能是在手车底盘上增加了一个驱动电动机，由该电动机牵引手车本体完成在工作位置和试验位置的切换。通过配置防堵转功能的智能监控单元，防止手车机械故障误判，同时在发生电动机故障时自动保护电动机及驱动机构，故障指示灯点亮并发报警信号，同时接地开关电动操作功能实现与断路器/接触器手车的闭锁功能。

手车与接地开关全电动操作大大提高效率，保障操作人员安全，运行人员不必亲临开关室操作开关设备，提高了人员的工作效率和设备的使用率，减少了负载切换的等待时间，同时避免操作故障对人身的损害。

2. 操作程序化

一键顺序操作功能：接到操作断路器合闸指令时，先分接地开关再电动摇进断路器手车，当手车到位后可再从DCS执行合闸操作，反之亦然。可远程完成开关设备在接地检修、冷备热备及运行状态间的任意切换，实现顺序控制功能。

本工程要求配置断路器/接触器及接地开关电动操作及全过程可视监控装置，实现断路器及接地开关远程可视化功能，从而直接了解运行操作状态，有力管控日常业务，需满足安全运维的要求，可实现远方或就地集中控制，同时手动操作和电动操作必须能够自由切换并相互闭锁。

开关柜以及电动机设备的状态监测功能简介

1. 基于负载变化的实时诊断

为及时识别设备的潜在缺陷及隐患并发出预警，防止其进一步发展，降低非预期停电发生的概率，采用无线射频技术对开关触头、引线终端的温升及开关动特性不同期等进行实时采集和监测。同时在线监测及诊断系统在长期运行过程中采集的运

行记录，可为设备健康状况评估提供有效的依据。

2. 开关设备温度在线监测

断路器动触头6点测温（即上下触头）及电缆侧3点测温，接触器为上分支母线侧3点测温、下触臂3点测温及电缆侧3点测温方案。

断路器测温采用内置式，避免裸露于触臂或触指之上，所有测温模块采用自取无线射频通信方式。断路器/接触器具有可更换性，故温度在线监视装置需能够快速识别新的断路器或接触器并自动配对，以确保被监测开关柜和断路器的匹配性，即在不更换测温元件的情况下自动与本柜检测单元匹配，无须人工参与。测温元件选用无电池配置的非表带式，即采用自供电电流互感器作为测温模块和通信模块的电源，实现了去电池化。

3. 视频远程监测

通过在开关柜内配置视频监控设备并将监视画面远传，使用户在上位机即可实时观察设备的运行情况，从而确保设备稳定的运行。

在线视频技术的要求：当在操作系统（ECMS）选择操作一台设备时，指令发出后可视系统自动切换至所操作设备的视频画面，可全程视频观看其操作过程，可直接观察并判断断路器/接触器及接地开关操作过程及状态是否到位，接触是否完好，达到远程检视的要求。

摄像头直接安装于高压隔室内并经过开关柜绝缘性能验证和电磁兼容验证，通过以太网接入视频监控系统，可对断路器和接触器手车、开关柜活门和接地开关的状态进行监视。视频终端可调用相应部位的监视画面进行远程巡视，可无须派人前往现场巡视。当远程操作开关设备时，摄像头将通过运动检测自动反馈至视频监控图像，此时操作者可通过上位机收到的视频图像反馈在线监视电动操作过程及状态，免除操作人员前往现场进行操作确认的繁琐。

4. 谐波在线监测

当不同电气设备存在异常、劣化的运行工况时，会产生不同的高次谐波，电流谐波每阶的相对谐波含量除以预定阶的电流谐波总谐波失真获得指示值，再把指示值形成的每阶谐波函数乘以从每阶相对谐波含量通过计算而发现的、用于每阶的诊断的计算值获得标准值，进而再对指示值与标准值进

行比较确定设备劣化程度。

谐波在线监测系统主要由数据采集系统和数据分析系统两部分组成，数据采集系统负责对电动机的高次谐波数据进行在线实时采集工作，数据分析系统主要依托分析软件对高次谐波数据进行实时分析，并对故障进行预警。整套系统通过非接触式高次谐波采集传感器，对运行的设备进行在线数据采集，进而通过对高次谐波成分及其含有率的综合分析确定设备劣化程度，为维护保养提供依据。

5. 电动机绝缘在线监测

高压电动机送电前和日常备用期间需要通过绝缘测试判断其绝缘状况，是设备运行和维护工作中的重要环节，更是保证设备系统安全运行的有效手段。针对该机组循环水泵电动机、给水泵电动机等开放式电动机、长期备用电动机定期测绝缘需求，早期即已配备绝缘在线监测装置，采用直流高压注入法对电缆或电动机绕组等进行绝缘测量，线路断电时绝缘监测装置自动开始对馈线回路进行绝缘监测，实现备用设备绝缘数值的实时显示，能够更便利地为日常运行维护提供依据。

改进探讨

目前该机组的6 kV开关柜已能实现一键停送电操作，有效节省安全防护用品检查及穿戴时间、中间各类操作步骤的核对时间。但在实际应用中，考虑到运行规范化操作涉及的操作步骤、操作内容与操作票执行等具体要求，开关柜控制电流、合闸电源和电动操作电源等停送电顺序仍有进一步优化空

间：一是引入可接入DCS、ECMS或NCS等控制的线控智能微型断路器，实现控制电源的集中控制，同时与主设备摇进摇出、分合闸等操作配合完成全流程的顺控，深度介入到运行管理和运行操作的优化中；二是增加电动机绝缘在线监测终端，采用可在电动机上电时对电动机回路进行剩余电流监测的产品，完善备用设备和运行设备绝缘性能的全过程监视手段，不仅可以减少定期测绝缘工作量并降低操作过程伴随的风险，还能够与谐波在线监测和MRC等共同提供设备状态检修依据，在远程控制方面亦是可以在线绝缘通过RS 485信号与后台通信，或通过硬接线将绝缘、漏电流等预警、报警信号输出，用于电加热器和电动机的自动投停联锁功能；三是将智能开关全部操作流程接入主机DCS，减少投入独立ECMS所需费用，便于实现DCS对设备的集中控制和管理，将巡检巡视工作优化集中，减少人力资源投入。

结束语

6 kV开关柜在厂用电系统中承担着重要的角色，无论是运行监视，还是停送电以及测绝缘操作，亦或检修维护，都是在日常运维时不可避免的工作。要实现智慧电厂，6 kV开关柜必然要从确保人员工作安全、设备运行安全、减少减轻劳动强度和设备状态检修等方面着手，不断优化现有运维模式，达到更安全、更高效和更经济的目的。**EA**

(收稿日期：2021-08-18)

