

苏州首座 220 kV 智能变电站分析

沈富宝,王中秋

(江苏省电力公司检修分公司苏州分部,江苏 苏州 215131)

摘要:文中以苏州首座 220 kV 智能变电站角直变为例,介绍了智能变电站的体系结构、智能一次设备的功能和智能设备与顺序控制的特点,研究了智能变电站对应的高级应用功能。针对智能变电站运行维护,在保护压板、交换机等方面提出了建议,且对智能变电站的安全稳定运行有一定的参考意义。

关键词:智能变电站;技术特点;运行

中图分类号:TM76

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)02-0045-04

2009年5月,国家电网公司提出了立足自主创新,以统一规划、统一标准、统一建设为原则,建设以特高压电网为骨干网架,各级电网协调发展,具有信息化、自动化、互动化特征的统一坚强智能电网的发展目标,并提出了3个阶段的发展计划,其中变电环节中智能变电站建设是关键技术。智能变电站是坚强智能电网的重要基础和支撑,设备信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、检修状态化是变电站发展的方向,最终是要实现运行维护的高效化的目标^[1,2]。

1 智能变电站应用实例

根据国家电网公司《智能变电站技术导则》^[3]的定义,智能变电站是采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备,以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求,自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能,并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能的变电站。它基于 IEC 61850 标准,体现了集成一体化、信息标准化、协同互动化的特征。

220 kV 角直变电站是苏州首座 220 kV 智能化变电站,座落于苏州市吴中区东方大道南侧,总占地 15.23 亩,投资 5.48 亿元。该站于 2012 年 11 月开始破土动工,2014 年 7 月投运使用。自动化系统采用 IEC 61850 标准,统一建模,统一通信规约,实现站控层、间隔层、过程层二次设备互操作;过程层保护采用直采直跳模式,继电保护之间的联闭锁信息、失灵信息等采用 GOOSE 网络传输。变电站自动化系统实现全站的防误操作闭锁功能,应用 GOOSE 报文通信,实现跨间隔防误闭锁。智能一次设备采用“一次设备+智能组件”的模式,集成在线监测单元。变电所本期工程安装 2 台容量为 240 MV·A 的自然油循环风冷型三相自耦有载调压变压器,每台主变 10 kV 侧各装设 4 组 8 Mvar 并联电容器和 2 组 6 Mvar 并联电抗器。220 kV 采用户外组合电器(GIS)设备,本期出线 5 回,采用双母线

接线带母联断路器。110 kV 采用户内 GIS 设备,本期出线 10 回,采用双母线接线带母联断路器。10 kV 采用户内开关柜单列布置,本期出线 24 回,采用单母线四分段环型接线方式。

2 智能变电站技术特点

2.1 智能变电站体系结构

智能变电站系统分为 3 层:过程层、间隔层、站控层,如图 1 所示。过程层包含由一次设备和智能组件构成的智能设备、合并单元和智能终端,完成变电站电能分配、变换、传输及其测量、控制、保护、计量、状态监测等相关功能。根据国网相关导则、规范的要求,保护应直接采样,对于单间隔的保护应直接跳闸,涉及多间隔的保护(母线保护)宜直接跳闸。

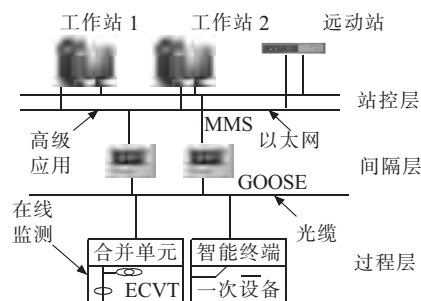


图 1 智能变电站结构图

智能组件是灵活配置的物理设备,可包含测量单元、控制单元、保护单元、计量单元、状态监测单元中的一个或几个。间隔层设备一般指继电保护装置、测控装置、故障录波等二次设备,实现使用一个间隔的数据并且作用于该间隔一次设备的功能,即与各种远方输入/输出、智能传感器和控制器通信。站控层包括自动化系统、站域控制系统、通信系统、对时系统等子系统,实现面向全站设备的监视、控制、告警及信息交互功能,完成数据采集和监视控制(SCADA)、操作闭锁以及同步相量采集、电能量采集、保护信息管理等相关功能。站控层功能应高度集成,可在一台计算机或嵌入式装置实现,也可分布在多台计算机或嵌入式装置中。

角直变 220 kV, 110 kV 及主变单元设备均为智能组件,除直流电源采用电缆输入外,交流电流、电压、跳闸出口和信号回路均采用光纤通信方式。间隔层设备之间、间隔层与过程层设备之间通过 GOOSE 网络连接;间隔层与站控层之间通过 MMS 网络连接。

继电保护通过 MMS 网络可以实现软压板投退、定值区切换等操作;同时保护运行状况、告警信息、事件记录等均通过 MMS 网络送至监控主机和远动装置。相对于常规保护,只有装置失电告警、装置告警、装置闭锁是通过硬接点上传,其余信息均以报文形式通过网络传送。

主变电气量保护采用双重化配置,2套保护单独组屏,交流电压、电流回路,直流电源回路完全独立,过程层采样采用点对点方式,GOOSE 报文采用组网方式,保护跳各侧开关采用直跳,跳母联开关采用网跳方式。主变非电量保护单套配置,跳闸回路通过电缆直接接 220 kV 侧第一及第二套智能终端(PSIU601GC)、110 kV 侧第一及第二套智能终端(PSIU621GC)、10 kV 侧智能终端(PSIU621GC)出口。

220 kV 母线保护采用双重化配置,2套母线保护均为四方 CSC-150 保护。2套保护的交流电压、电流回路,直流电源回路完全独立,采用直采直跳方式,分别经第一套、第二套智能终端(JFZ-600S)跳断路器 TC1, TC2。

220 kV 线路保护采用双重化配置,角车 2L03/2L04 线、角吴 2998 线、角玉 2L05/2L06 线,第一套分相电流差动为许继 WXH-803B/G 保护,第二套分相电流差动为国电南自 PSL-603U 保护。两套保护的交流电压、电流回路,直流电源回路完全独立,采用直采直跳方式,分别经第一套智能终端(DBU-806)、第二套智能终端(PSIU601GC)跳断路器 TC1, TC2。

110 kV 继电保护采用直采直跳,110 kV 线路、母联间隔智能组件单网配置连接在 A 网,主变 110 kV 侧智能组件双网配置。

网络报文记录分析系统,对全站 MMS, SV, GOOSE 原始报文的准确在线监测。

2.2 智能一次设备

高压设备是电网的基本单元,高压设备智能化(或称智能设备)是智能电网的重要组成部分,也是区别传统电网的主要标志之一。智能变电站采用的智能一次开关设备,通过安装在智能组件柜内的智能组件装置,具有断路器、隔离开关、地刀的操作、间隔内部以及间隔之间连锁、闭锁功能和各种指示、报警信号等数字化传输功能,并可实现一次设备的操作控制、连锁、闭锁及与其他设备的通信,实现对开关设备的控制执行的智能化。智能组件装置由组合电器厂商统一集成,实现

一、二次设备融合,减少成本,最大限度简化了现场的接线,便于运行和维护。该方案解决了长期困扰电网安全可靠运行的电磁干扰及接线错误问题,使开关机构具备自检能力,大量减少了控制电缆的数量,减少了电磁干扰和维护的工作量。

角直变 220 kV 设备采用西安西电开关电气有限公司生产的三相分箱式金属全封闭组合电器,110 kV 设备采用新东北电气集团高压开关有限公司生产的 ZFW20-126 型 SF₆ 封闭式组合电器,10 kV 开关柜采用福州天一同益电气有限公司生产的 KYN44-12 铠装移开式户内交流金属封闭开关柜。

2.3 智能设备与顺序控制

实现智能化的高压设备操作宜采用顺序控制,满足无人值班及区域监控中心站管理模式的要求;可接收执行监控中心、调度中心和当地后台系统发出的控制指令,经安全校核正确后自动完成符合相关运行方式变化要求的设备控制,即应能自动生成不同的主接线和不同的运行方式下的典型操作票;自动投退保护软压板;当设备出现紧急缺陷时,具备急停功能;配备直观的图形图像界面,可以实现在站内和远端的可视化操作。

智能变电站顺序控制的应用避免了常规操作过程中的繁琐操作和误操作,提高整个变电站工作效率,安全性和效率的提高大幅缩短了断电时间,从而减少变电站供电中断而造成的损失成本。

2.4 智能变电站实现的高级功能

智能变电站实现的高级应用功能包括:设备状态监测、基于多信息融合技术的综合故障诊断、智能告警与故障综合分析系统、智能操作票系统等。

2.4.1 设备状态监测

智能变电站设备实现广泛的在线监测^[4],使设备状态检修更加科学可行。在智能变电站中,可以有效地获取电网运行状态数据、各种智能电子装置的故障和动作信息及信号回路状态;智能变电站中二次设备状态特征量的采集上减少了盲区。但就目前的在线监测发展水平来看,尚不具备实现囊括所有设备在内的全面在线监测的可能性,对变电站内主要一次设备采取有针对性的在线监测技术可取得较好的投资效益。对主变、GIS、避雷器等设备实现在线监测,监测的参量为主变油色谱、GIS SF₆ 气体微水和局部放电、避雷器泄漏电流、次数等。

信息融合又称数据融合,是对多种信息的获取、表示及其内在联系进行综合处理和优化的技术^[5]。多信息融合技术从多信息的视角进行处理及综合,得到各种信息的内在联系和规律,从而剔除无用的和错误的信息,保留正确的和有用的成分,最终实现信息的优

化。它也为智能信息处理技术的研究提供了新的观念。状态监测与诊断系统是一套变电站设备综合故障诊断系统,如图 2 所示。依据获得被监测设备状态信息,采用基于多信息融合技术综合故障诊断模型,结合被监测设备的结构特性和参数、运行历史状态记录以及环境因素,对被监测设备工作状况和剩余寿命做出评估。

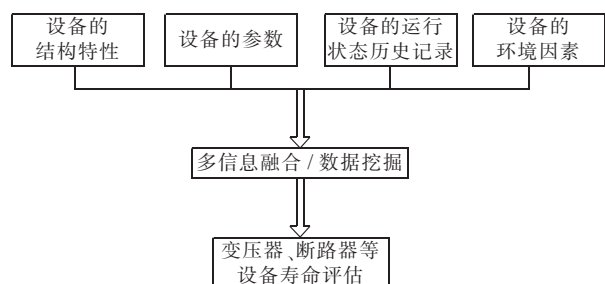


图 2 状态监测与诊断系统图

智能变电站状态监测与诊断系统以设备的实际运行状况为基础,实行缺陷检修;通过对设备历次预防性试验数据、运行数据、在线数据进行录入和提取,进行分析和对比,给出设备状态报告、诊断报告及健康评估;报表输出管理可根据各种管理需求,制定出符合要求的各种报表;实现对输变电设备进行台帐数据、预防性实验数据、运行数据、在线监测数据等进行综合管理,并以此为依据,实现设备健康状态的评估,判断设备异常,并根据诊断结果进行检修计划的制定和调整,大幅减少了现场设备的维护工作量。

2.4.2 智能告警与故障综合分析系统

值班员会面对越来越多的信号,越来越复杂的系统。传统告警系统只会机械的报告系统发生的事件,尤其是系统发生事故时,潮水般的信号使得值班人员无所适从,实际上相关信号是具备很强的逻辑关系的,但是只有具备丰富经验和扎实理论的值班人员才能给出正确地判断。

在变电站监控系统中,告警信息数量繁多,告警信息如无良好的分类与过滤机制,将使值班人员无所适从,良好的分类与过滤机制,可以帮助值班员快速定位最重要的最先需要处理的事件。智能变电站监控系统上安装有智能告警与故障综合分析系统^[6],对信号进行分类显示处理,提取故障报警信息,辅助故障判断及处理,如图 3 所示。根据变电站逻辑和推理模型,实现对告警信息的分类和信号过滤,对变电站的运行状态进行在线实时分析和推理,自动报告变电站异常并提出故障处理指导意见,为主站提供智能告警,也为主站分析决策提供事件信息。

系统可以根据告警信号重要性,将每个告警信号进行定义,标注重要等级,以实现告警信息可按分类分页显示。告警实时显示窗口可由多个页面组成:时序信息、提示信息、告警信息、事故及变位信息、检修信

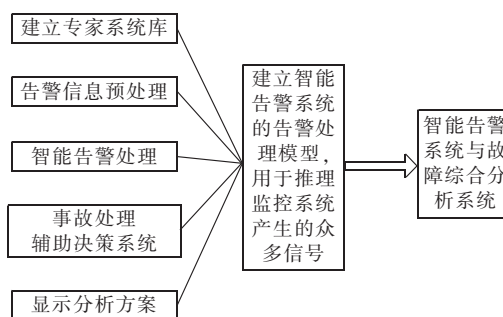


图 3 智能告警与故障综合分析系统

息、未复归告警信息。另外,告警信息可按厂站或间隔进行过滤,即只显示某个厂站或间隔的信息。

2.4.3 智能操作票系统

智能操作票系统应当包含顺序控制软件和五防联闭锁软件的功能。智能操作票系统可以充分利用平台提供的各项功能以及服务,共享实时 SCADA 模型及图形,保护模型,并实现实时态和模拟态数据可靠隔离,保证了整个过程的安全、实时、可靠。系统基于网络拓扑的接线模型识别,开票规则的用户自定义,操作票的智能推理,业务表单的自由定制,多种开票方式的灵活切换,操作票生命周期的全过程管理;采用彻底的图票一体化技术,即图中开票、票中执行,提高了操作票整个运转生命周期的可视性以及直观性;严格地基于系统拓扑五防的校验机制以及完善的权限管理机制。保证整个过程的安全、实时、可靠。

智能操作票系统的主要功能:(1) 开票功能;(2) 系统拓扑五防功能;(3) 操作票流程管理;(4) 权限的定制。

3 智能变电站运行维护中的几点思考

智能变电站通过光缆信息化传输,在站内设备之间实现了网络化和智能化的管理。在传输过程中,可以有效地将电磁信号转变成数字信号,然后运用计算机实现处理。这样的二次回路就变成一种“虚回路”的形式。相对于常规的变电站而言,其运行维护必然带来一些改变,为确保其安全运行,应从以下几个方面考虑。

3.1 保护压板

保护屏传统意义上的保护“硬压板”被监控后台界面上的“软压板”所取代,保护、测控装置只设置一块“置检修”硬压板,保护功能投退、出口停启用均操作软压板实现。以往投退压板时,运行人员需要在保护屏上进行操作,现在运行维护人员软压板操作应在监控后台实现。正常运行智能组件严禁投入“置检修”硬压板。

设备开关有检修工作需要将智能组件改检修,应先退出母差保护上对应间隔合并单元(MU)软压板,然后投入智能组件置检修硬压板。若在母差保护上 MU 软压板未退出情况下投入智能组件置检修硬压

板,母差保护认为间隔设备检修状态不一致,造成母差保护闭锁。特别是智能终端的跳合闸硬压板,除了装置异常处理、事故检查等情况外,禁止通过投退智能终端的断路器跳合闸压板的方式投退保护。

3.2 智能终端柜

智能组件采用就近安装,即室外运行,智能终端柜内的环境控制变得十分重要。每个装置均在运行过程中散发热量,再加上柜外太阳光的照射,因此柜内的温湿度决定了设备能否正常运行,其可靠性直接影响着变电站安全稳定运行。就目前使用的传统柜体而言,散热效果较差,对智能组件的稳定运行造成威胁。因此,需要运行维护人员加强对智能终端柜的巡视。

3.3 交换机

传统变电站的继电保护装置功能的实现均采用“点对点”的方式,各保护装置之间、保护装置与操作箱之间均是通过二次电缆连接,是一一对应的。而二次设备的网络化,虽然大大减少传统的二次电缆,但是对于网络交换机的依赖性也同步增加,特别是对于一些网采网跳的装置,一旦交换机发生异常或故障,将直接导致装置失去作用。间隔交换机故障,影响本间隔GOOSE链路,应视为失去本间隔保护,应申请停用相应保护装置,及时处理。公用交换机故障,根据交换机所处网络位置以及网络结构确定其影响范围,可能影响母线保护、变压器保护、故障录波等公用设备,应申请停用相应设备。

3.4 二次设备巡视重点

智能组件的网络化应用,使智能组件在继电保护中占据着比传统保护装置更重要的位置。一个智能组件采集的电流、电压信息或者开关、刀闸信息可以同时给线路保护(主变保护)、母线保护、测控装置所使用,一旦发生异常或故障,会影响到多个装置的正常运行,例如,母线电压互感器合并单元异常或故障时,按母线电压互感器异常或故障处理。因此,加强二次设备巡视,特别是智能组件以及GOOSE通道、SV通道的巡视尤为重要。

3.5 监控信息规范和验收

智能变电站与传统变电站相比增加了合并单元、智能终端和过程层交换机等全新设备。这些设备的监视信号与以往的继电保护设备、监控设备和一次设备有着一定的区别。同时智能变电站的设备遥信传输也以传统的硬接点电缆传输转变为软报文光纤(网线)传输。

传统现场信息验收规程中所采用的短接信号接点回路试验信号的方式已经无法适应新设备的验收要

求。对智能变电站来说,实现二次回路是通过变电站之间的SCD配置文件的应用来实现的,进行合法校验时,进行描述的数据模型在内外方面是一致的,这样的校验方式就要求实现厂内的联合调制。调制的过程需要厂家对系统的集成完成设备安装、文件的配置等相关工作。调试可以在项目之中完成,并且能够完成任务量的一大半,这样就可以有效地实现工作量的最优化。

目前,现场尚无统一、规范的智能装置告警信息说明,厂家说明书内容不全面,对软压板的投退说明不详细,指导性不强,特别是不同设备厂家对同类异常信息描述不一致,容易导致严重告警信号不能被及时发现,造成现场故障分析判断和处置失误。例如,当合并单元“置检修”压板投入,但相应接收端装置电流MU投入时,装置发“电流互感器(TA)检修不一致”报文,此时运行维护人员可能认为是由于投入合并单元“置检修”压板引起,属正常告警信号,而其实已经闭锁了相关保护,这需要引起重视。因此,需尽快制定统一、规范的智能装置告警信息说明,以指导现场运行维护人员。

4 结束语

智能变电站是坚强智能电网的重要基础和支撑,是未来变电站的发展方向,随着电网的发展,智能变电站越来越普及。本文以苏州首座220kV智能变电站用直变为例,揭示了智能变电站的技术特点,研究了智能变电站对应的高级应用功能,重点针对智能变电站的运行维护提出了几点建议,总结实际运行经验,提高运维水平,确保智能变电站的安全稳定运行。

参考文献:

- [1] 胡学浩. 智能电网—未来电网的发展态势[J]. 电网技术, 2009, 33(14):1-5.
- [2] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 9-16.
- [3] Q/GDW383. 智能变电站技术导则[S]. 北京: 国家电网公司, 2009.
- [4] 张金江, 郭创新, 曹一家. 变电站设备状态监测系统及其 IEC 模型协调[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(20):67-71.
- [5] 朱传柏, 郭创新, 曹一家. 基于调度综合数据平台的大规模电网分层故障诊断[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(1):51-55.
- [6] 王修彪, 罗 虎, 李朝阳. 变电站集控运行管理模式探索[J]. 继电器, 2008, 36(8):91-94.

作者简介:

沈富宝(1968),男,江苏苏州人,高级技师,从事变电站运行管理工作;

王中秋(1986),男,江苏扬州人,硕士研究生,从事变电站运行工作。

压器经受机械或电动冲击力作用下, 变压器绕组易产生变形。而且过分干燥也会影响绝缘油添加剂和抗氧化剂的性能, 导致变压器油老化速率升高, 因此, 一般 500 kV 以上变压器的水分含量不宜低于 5 mg/L。

基于上述需求, 精确脱水模块在传统的脱水技术基础上, 通过内置式微水检测仪实时测定绝缘油中水含量, 将该数据引入在线监测模块中, 通过软件来控制脱水模块的工作状态, 当微水含量介于 5 ~ 10 mg/L 时停止脱水模块的运行。

3 结束语

(1) 整个技术方案为模块化设计, 可根据实际需要进行组件选择, 可满足不同油质、不同电压等级、不同净化需求的变压器进行最优组合, 以合理的成本高效地完成绝缘油净化。

(2) 所有模块的油品质检测和油净化处理都具有实时性, 能够满足在线监测系统的要求。

(3) 真空脱气模块采用级联真空泵, 能够满足高真空度的需求, 达到高电压等级变压器的绝缘油净化标准, 而且高真空度有助于最短时间实现油气分离, 降低净化系统的运行时间, 提高利用效率。

(4) 通过油中水含量检测精确控制干燥的强度, 避免由于过度净化影响绝缘油的使用寿命。

综上所述, 应用于在线监测的绝缘油净化技术能够很好地满足当前基于在线监测的检修系统需求, 在降低成本的基础上提高油处理的效率, 产生巨大的经济效益。

参考文献:

- [1] 金逸, 刘伟, 查显光, 等. 智能变电站状态监测技术及应用[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(2): 12-15.
- [2] 周龙. 变压器状态检修的研究[D]. 贵阳: 贵州大学工程硕士学位论文, 2006.
- [3] 贾瑞君. 关于变压器油中溶解气体在线监测的综述[J]. 变压器, 2002, 39(S1): 39-45.
- [4] 杨启平, 薛五德, 蓝之达. 变压器油中溶解气体在线监测技术的研究[J]. 变压器, 2005, 42(3): 39-43.
- [5] 陈伟. 变压器油质劣化问题分析及处理[J]. 江苏电机工程, 2003, 22(2): 39-40.
- [6] 边耀维. 运行电器设备绝缘油带电处理[J]. 电网技术, 1994, 18(1): 41-43.

作者简介:

高赫(1981), 男, 吉林松原人, 工程师, 从事高压开关、线圈类设备的运行维护及状态监测工作。

The Insulating Oil Purifying Technology Applied in Online Monitoring

GAO He

(Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Lianyungang 222004, China)

Abstract: With the development of sensor, computer and communication technology and the higher requirement of power system reliability, the maintenance of oil insulation transformer has been improved from Time Based Monitoring (TBM) into Condition Based Monitoring (CBM). According to the technical characteristics of online monitoring, a new method with comprehensive application of vacuum degassing, classified impurity filtration and accurate control dehydration is introduced to satisfy the requirement of real-time, high efficiency and safety of the oil online processing. At the same time, modular design has been realized with the proposed technique and pertinence modular designs can be implemented for different transformers.

Key words: online monitoring; purifying technology; vacuum degassing; impurity filtration; dehydration

(上接第 48 页)

Analysis of Suzhou's First 220 kV Smart Substation

SHEN Fubao, WANG Zhongqiu

(Suzhou Department of Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Suzhou 215131, China)

Abstract: Taking the first 220 kV Suzhou smart substation - "Luzhi" substation as an example, this paper introduces the architecture of smart substation. The functions, devices and sequence controls of smart substation are also analyzed. Based on the analysis, advanced application functions of smart substation are studied. In addition, suggestions for the maintenance of relaying plate and switches are provided. This research is of certain reference significance for stable operation of smart substation.

Key words: smart substation; technical characteristics; run